Jacques Bochaton,
390 rue des Bleuets
74270 FRANGY
Appartement 21
Titulaire d'un DEST Mathématiques délivré par l'Université de Grenoble

A SA HLM Mont-Blanc
9 rue André Fumex
74007 Annecy CEDEX

Monsieur Jean-Pierre Montfort, Directeur Général,
Monsieur Guy Chavanne, Président du Conseil d'Administration SA Mont-Blanc,

Vous m'avez sollicité par courriers à souscrire à un projet de réhabilitation aux bénéfices du locataire d'une réduction projetée de l'ordre de 35% sur l'économie énergétique et invité à y répondre à l'aide d'un Coupon-réponse…

Ma réponse NON était certainement amenée et aboutie par et devant les faillites de vos précédentes simulations/estimations, à savoir votre prévisionnel de la charge chauffage 2012/2013. Pour rappels, et à votre lecture Messieurs les Dirigeants & Responsables :

Prévisionnel 2012/2013 : 35 031 €
Réalisation 2012/2013 : 49 623 €

Je vous prie de me communiquer les informations suivantes :
- Quel est l'organisme dûment agréé à effectuer l'étude et qui aboutit au chiffre retenu et propagé par la SA Mont-Blanc ?
- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
- Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

Dans l'attente de votre réponse, je vous prie, M Le Directeur et M Le Président du CA, de prendre connaissance d'une étude universitaire récente sur le sujet et qui devrait vous permettre de parfaire le contenu de votre courrier en retour.

A Frangy le 20 Aout 2014,
Jacques Bochaton

Sources & autres références :
Thèse : Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments présentée par Clara SPITZ

http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/76/85/06/PDF/These_-_Clara_-_Spitz_-_version_-_definitive.pdf

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments
Thèse pour obtenir le grade de **DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE /** Spécialité : **Génie Civil et Sciences de l'Habitat**
Présentée par **Clara SPITZ**

Nous avons relevé dans vos différents courriers les précisions et indicateurs suivants :

Une invitation, un départ, mais pas d'arrivée…
Courrier daté 14 Février 2014, signé Christophe BONNET

S·A· MONT-BLANC
BATIR EN CONFIANCE

Monsieur BOCHATON JACQUES
LES BLEUETS - BATIMENT B
390 RUE DES BLEUETS
74270 FRANGY

Annecy, le 14 février 2014

Objet : Réhabilitation *Les Bleuets* - FRANGY

Madame, Monsieur,

Notre société envisage de réaliser des travaux d'amélioration dans les appartements locatifs de votre immeuble.

A ce sujet, nous organisons une réunion d'information le :

Le mardi 25 février 2014 à 18h00

Salle Jean XXIII – 35, place de l'Eglise – Frangy
(Etage 2, entrée par arrière du bâtiment)

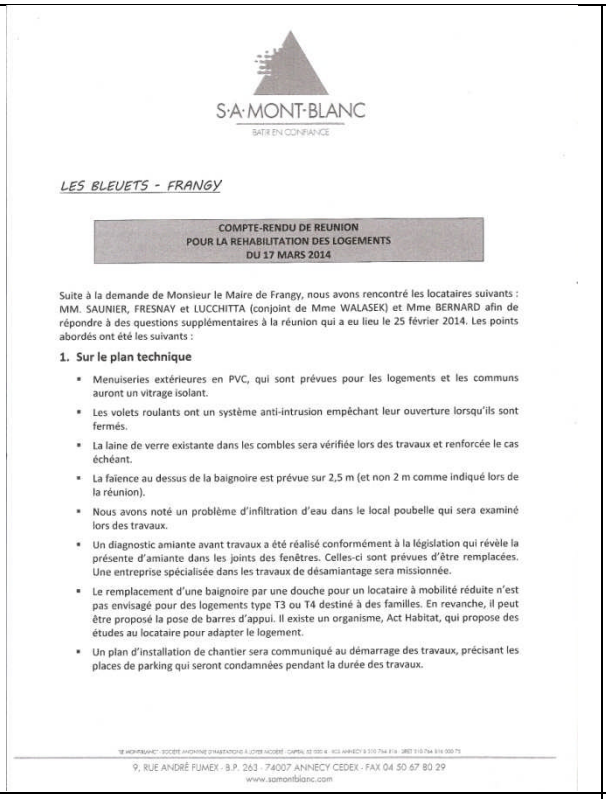
Au cours de cette réunion, nous vous présenterons notre projet ainsi que l'incidence financière à prévoir sur vos loyers. Nous attendons de votre part vos avis et souhaits concernant ce projet.

Comptant sur votre présence, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, nos salutations distinguées.

Christophe BONNET
Responsable Patrimoine

"LE MONT-BLANC" - SOCIÉTÉ ANONYME D'HABITATIONS À LOYER MODÉRÉ - CAPITAL 52 000 € - RCS ANNECY B 310 764 816 - SIRET 310 764 816 000 73
9, RUE ANDRÉ FUMEX - B.P. 263 - 74007 ANNECY CEDEX - FAX 04 50 67 80 29
www.samontblanc.com

Courrier daté 18 Mars 2014, signé Jean-Pierre MONFORT



S·A·MONT-BLANC
BATIR EN CONFIANCE

LES BLEUETS - FRANGY

**COMPTE-RENDU DE REUNION
POUR LA REHABILITATION DES LOGEMENTS
DU 17 MARS 2014**

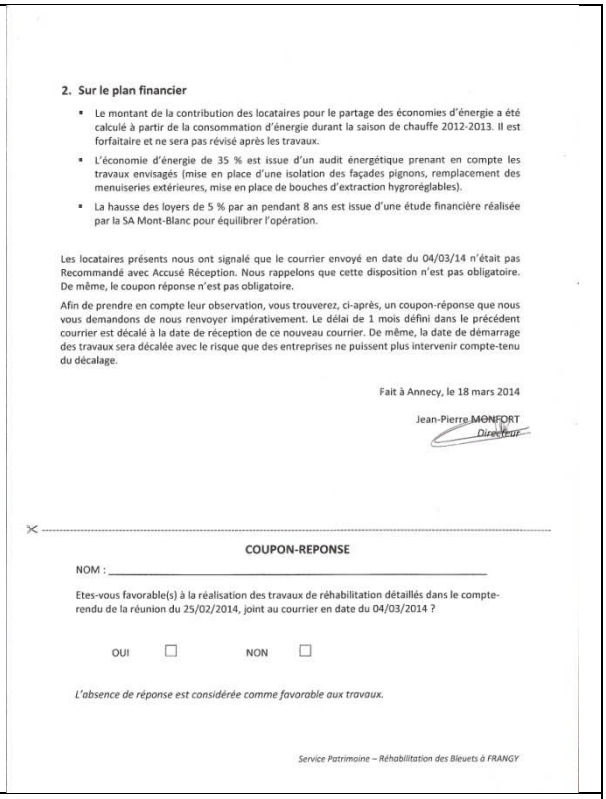
Suite à la demande de Monsieur le Maire de Frangy, nous avons rencontré les locataires suivants : MM. SAUNIER, FRESNAY et LUCCHITTA (conjoint de Mme WALASEK) et Mme BERNARD afin de répondre à des questions supplémentaires à la réunion qui a eu lieu le 25 février 2014. Les points abordés ont été les suivants :

1. Sur le plan technique

- Menuiseries extérieures en PVC, qui sont prévues pour les logements et les communs auront un vitrage isolant.
- Les volets roulants ont un système anti-intrusion empêchant leur ouverture lorsqu'ils sont fermés.
- La laine de verre existante dans les combles sera vérifiée lors des travaux et renforcée le cas échéant.
- La faïence au dessus de la baignoire est prévue sur 2,5 m (et non 2 m comme indiqué lors de la réunion).
- Nous avons noté un problème d'infiltration d'eau dans le local poubelle qui sera examiné lors des travaux.
- Un diagnostic amiante avant travaux a été réalisé conformément à la législation qui révèle la présente d'amiante dans les joints des fenêtres. Celles-ci sont prévues d'être remplacées. Une entreprise spécialisée dans les travaux de désamiantage sera missionnée.
- Le remplacement d'une baignoire par une douche pour un locataire à mobilité réduite n'est pas envisagé pour des logements type T3 ou T4 destiné à des familles. En revanche, il peut être proposé la pose de barres d'appui. Il existe un organisme, Act Habitat, qui propose des études au locataire pour adapter le logement.
- Un plan d'installation de chantier sera communiqué au démarrage des travaux, précisant les places de parking qui seront condamnées pendant la durée des travaux.

9, RUE ANDRÉ FUMEX - B.P. 263 - 74007 ANNECY CEDEX - FAX 04 50 67 80 29
www.samontblanc.com

Page 1 / fac-similé en courriers annexe



2. Sur le plan financier

- Le montant de la contribution des locataires pour le partage des économies d'énergie a été calculé à partir de la consommation d'énergie durant la saison de chauffe 2012-2013. Il est forfaitaire et ne sera pas révisé après les travaux.
- L'économie d'énergie de 35 % est issue d'un audit énergétique prenant en compte les travaux envisagés (mise en place d'une isolation des façades pignons, remplacement des menuiseries extérieures, mise en place de bouches d'extraction hygroréglables).
- La hausse des loyers de 5 % par an pendant 8 ans est issue d'une étude financière réalisée par la SA Mont-Blanc pour équilibrer l'opération.

Les locataires présents nous ont signalé que le courrier envoyé en date du 04/03/14 n'était pas Recommandé avec Accusé Réception. Nous rappelons que cette disposition n'est pas obligatoire. De même, le coupon réponse n'est pas obligatoire.

Afin de prendre en compte leur observation, vous trouverez, ci-après, un coupon-réponse que nous vous demandons de nous renvoyer impérativement. Le délai de 1 mois défini dans le précédent courrier est décalé à la date de réception de ce nouveau courrier. De même, la date de démarrage des travaux sera décalée avec le risque que des entreprises ne puissent plus intervenir compte-tenu du décalage.

Fait à Annecy, le 18 mars 2014

Jean-Pierre MONFORT
Directeur

COUPON-REPONSE

NOM : _____

Etes-vous favorable(s) à la réalisation des travaux de réhabilitation détaillés dans le compte-rendu de la réunion du 25/02/2014, joint au courrier en date du 04/03/2014 ?

OUI ☐ NON ☐

L'absence de réponse est considérée comme favorable aux travaux.

Service Patrimoine – Réhabilitation des Bleuets à FRANGY

Page 2 / fac-similé en annexe courriers

Sur les plans financiers :

a) Sur la base retenue pour la contribution des locataires

2. Sur le plan financier

- Le montant de la contribution des locataires pour le partage des économies d'énergie a été calculé à partir de la consommation d'énergie durant la saison de chauffe 2012-2013. Il est forfaitaire et ne sera pas révisé après les travaux.
- L'économie d'énergie de 35 % est issue d'un audit énergétique prenant en compte les travaux envisagés (mise en place d'une isolation des façades pignons, remplacement des menuiseries extérieures, mise en place de bouches d'extraction hygroréglables).
- La hausse des loyers de 5 % par an pendant 8 ans est issue d'une étude financière réalisée par la SA Mont-Blanc pour équilibrer l'opération.

A plusieurs reprises nous avons contesté, documentation à l'appui, l'honnêteté financière et intellectuelle de la saison de chauffe 2012/2013 prise comme référents, supports et faire valoir !

Hormis l'affichage prévisionnel de la saison de chauffe 2012/2013 déclarant et affichant un montant
de l'ordre de 35 K€, exécuté au montant de 49 K€, réclamé aux locataires, personne des dirigeants interrogés et contactés pour expliquer une telle dérive n'ont donné réponse …

Nous avons produit & communiqué aux dirigeants de la SA HLM Mont-Blanc, Direction Générale + Conseil d'Administration, tous les éléments à prendre en considération pour effectuer un audit devant ce que nous définiront pudiquement comme 'une dérive'.

Pour le moment, et à cet instant, nous excluons la référence à l'indice 2012/2013 pris comme modèles dans tous les schémas de constructions et modélisations de votre projet de réhabilitation. Autrement dit nous invalidons aussi bien les bénéfices et artifices présentés ainsi que votre calendrier d'augmentation des loyers.

b) Sur les estimations, les simulations et les économies…

2. Sur le plan financier

- Le montant de la contribution des locataires pour le partage des économies d'énergie a été calculé à partir de la consommation d'énergie durant la saison de chauffe 2012-2013. Il est forfaitaire et ne sera pas révisé après les travaux.
- L'économie d'énergie de 35 % est issue d'un audit énergétique prenant en compte les travaux envisagés (mise en place d'une isolation des façades pignons, remplacement des menuiseries extérieures, mise en place de bouches d'extraction hygroréglables).
- La hausse des loyers de 5 % par an pendant 8 ans est issue d'une étude financière réalisée par la SA Mont-Blanc pour équilibrer l'opération.

c) Sur l'effet d'une hausse de 5% pendant 8 ans

2. Sur le plan financier

- Le montant de la contribution des locataires pour le partage des économies d'énergie a été calculé à partir de la consommation d'énergie durant la saison de chauffe 2012-2013. Il est forfaitaire et ne sera pas révisé après les travaux.
- L'économie d'énergie de 35 % est issue d'un audit énergétique prenant en compte les travaux envisagés (mise en place d'une isolation des façades pignons, remplacement des menuiseries extérieures, mise en place de bouches d'extraction hygroréglables).
- La hausse des loyers de 5 % par an pendant 8 ans est issue d'une étude financière réalisée par la SA Mont-Blanc pour équilibrer l'opération.

Nous ne pouvons qu'avoir des doutes sur les capacités des équipes qui sont à l'origine des études produites et communiquées par la SA Mont-Blanc dans ses prétentions et la finalité de la réhabilitation !

4. Incidences financières

- Application d'une hausse de tous les loyers de 40 % répartie sur 8 ans à raison de 5% + IRL par an. Hausse applicable dès l'achèvement des travaux.
- Mise en place d'un accord collectif sur les économies d'énergie engendrées par les travaux.

En effet, et si l'on maitrise mathématiquement l'effet cumulatif sur 8 ans, un calcul certifié hors IRL se devait d'annoncer 50% en lieu et place des 40% présentés aux locataires, ou alors de réviser le taux annuel de hausse!

Modélisation mathématique & conceptuelle, base 5% annuels hors IRL, durée 8 ans :

Bases	Evolutions	% hors IRL
0	100,00	X
1	105,00	5
2	110,25	5
3	115,76	5
4	121,55	5
5	127,63	5
6	134,01	5
7	140,71	5
8	147,75	5

Les mathématiques ne mentent jamais, mais qui s'en servirait et les transgresserait, pour des avantages d'image, ou bien même d'attitudes de désinformation ?

Une invitation, un départ, mais pas d'arrivée…

Courrier daté 14 Février 2014, signé Christophe BONNET

S·A· MONT-BLANC

BATIR EN CONFIANCE

Monsieur BOCHATON JACQUES
LES BLEUETS - BATIMENT B
390 RUE DES BLEUETS
74270 FRANGY

Annecy, le 14 février 2014

Objet : Réhabilitation *Les Bleuets* - FRANGY

Madame, Monsieur,

Notre société envisage de réaliser des travaux d'amélioration dans les appartements locatifs de votre immeuble.

A ce sujet, nous organisons une réunion d'information le :

Le mardi 25 février 2014 à 18h00

Salle Jean XXIII – 35, place de l'Eglise – Frangy
(Etage 2, entrée par arrière du bâtiment)

Au cours de cette réunion, nous vous présenterons notre projet ainsi que l'incidence financière à prévoir sur vos loyers. Nous attendons de votre part vos avis et souhaits concernant ce projet.

Comptant sur votre présence, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, nos salutations distinguées.

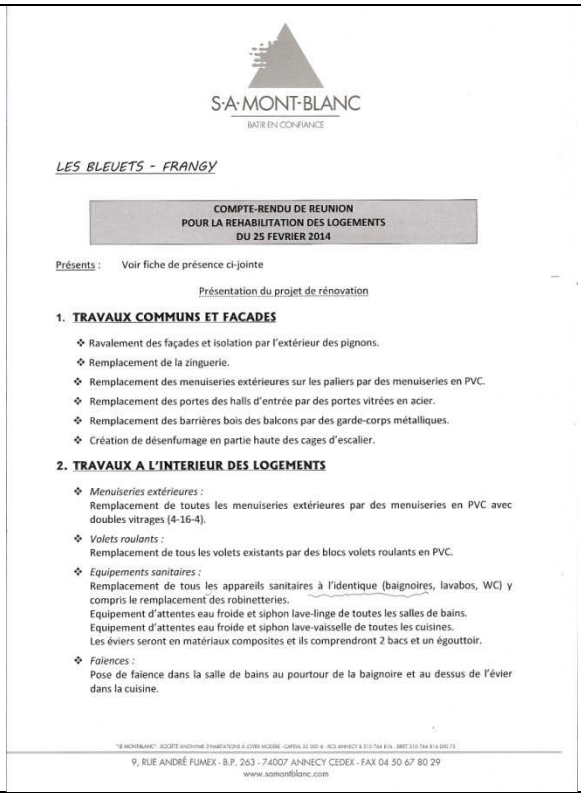
Christophe BONNET
Responsable Patrimoine

"LE MONT-BLANC" - SOCIÉTÉ ANONYME D'HABITATIONS À LOYER MODÉRÉ - CAPITAL 52 000 € - RCS ANNECY B 310 764 816 - SIRET 310 764 816 000 73

9, RUE ANDRÉ FUMEX - B.P. 263 - 74007 ANNECY CEDEX - FAX 04 50 67 80 29
www.samontblanc.com

Sur le plan technique, les travaux et les simulations des performances

Courrier daté 26 Février 2014, signé Christophe BONNET



S·A·MONT-BLANC
BATIR EN CONFIANCE

LES BLEUETS - FRANGY

COMPTE-RENDU DE REUNION
POUR LA REHABILITATION DES LOGEMENTS
DU 25 FEVRIER 2014

Présents : Voir fiche de présence ci-jointe

Présentation du projet de rénovation

1. TRAVAUX COMMUNS ET FACADES

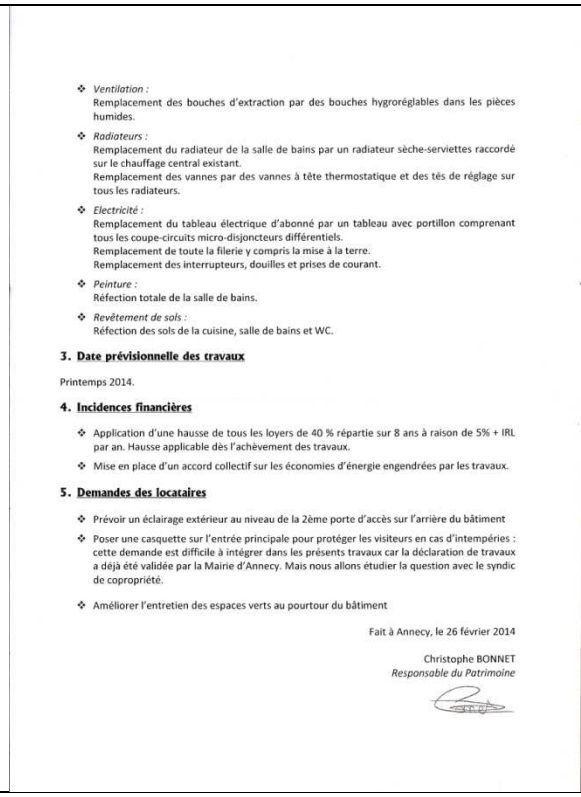
- Ravalement des façades et isolation par l'extérieur des pignons.
- Remplacement de la zinguerie.
- Remplacement des menuiseries extérieures sur les paliers par des menuiseries en PVC.
- Remplacement des portes des halls d'entrée par des portes vitrées en acier.
- Remplacement des barrières bois des balcons par des garde-corps métalliques.
- Création de désenfumage en partie haute des cages d'escalier.

2. TRAVAUX A L'INTERIEUR DES LOGEMENTS

- *Menuiseries extérieures :*
  Remplacement de toutes les menuiseries extérieures par des menuiseries en PVC avec doubles vitrages (4-16-4).
- *Volets roulants :*
  Remplacement de tous les volets existants par des blocs volets roulants en PVC.
- *Equipements sanitaires :*
  Remplacement de tous les appareils sanitaires à l'identique (baignoires, lavabos, WC) y compris le remplacement des robinetteries.
  Equipement d'attentes eau froide et siphon lave-linge de toutes les salles de bains.
  Equipement d'attentes eau froide et siphon lave-vaisselle de toutes les cuisines.
  Les éviers seront en matériaux composites et ils comprendront 2 bacs et un égouttoir.
- *Faiences :*
  Pose de faïence dans la salle de bains au pourtour de la baignoire et au dessus de l'évier dans la cuisine.

9, RUE ANDRÉ FUMEX - B.P. 263 - 74007 ANNECY CEDEX - FAX 04 50 67 80 29
www.samontblanc.com

Page 1 / fac-similé en courriers annexe



- *Ventilation :*
  Remplacement des bouches d'extraction par des bouches hygroréglables dans les pièces humides.
- *Radiateurs :*
  Remplacement du radiateur de la salle de bains par un radiateur sèche-serviettes raccordé sur le chauffage central existant.
  Remplacement des vannes par des vannes à tête thermostatique et des tés de réglage sur tous les radiateurs.
- *Electricité :*
  Remplacement du tableau électrique d'abonné par un tableau avec portillon comprenant tous les coupe-circuits micro-disjoncteurs différentiels.
  Remplacement de toute la filerie y compris la mise à la terre.
  Remplacement des interrupteurs, douilles et prises de courant.
- *Peinture :*
  Réfection totale de la salle de bains.
- *Revêtement de sols :*
  Réfection des sols de la cuisine, salle de bains et WC.

3. Date prévisionnelle des travaux

Printemps 2014.

4. Incidences financières

- Application d'une hausse de tous les loyers de 40 % répartie sur 8 ans à raison de 5% + IRL par an. Hausse applicable dès l'achèvement des travaux.
- Mise en place d'un accord collectif sur les économies d'énergie engendrées par les travaux.

5. Demandes des locataires

- Prévoir un éclairage extérieur au niveau de la 2ème porte d'accès sur l'arrière du bâtiment
- Poser une casquette sur l'entrée principale pour protéger les visiteurs en cas d'intempéries : cette demande est difficile à intégrer dans les présents travaux car la déclaration de travaux a déjà été validée par la Mairie d'Annecy. Mais nous allons étudier la question avec le syndic de copropriété.
- Améliorer l'entretien des espaces verts au pourtour du bâtiment

Fait à Annecy, le 26 février 2014

Christophe BONNET
Responsable du Patrimoine

Page 2 / fac-similé en courriers annexe

La liste et la description des travaux devant conduire à une économie 'thermique' d'un facteur annoncé et publié à 35% :

Travaux communs et façades

Présentation du projet de rénovation

1. TRAVAUX COMMUNS ET FACADES

- Ravalement des façades et isolation par l'extérieur des pignons.
- Remplacement de la zinguerie.
- Remplacement des menuiseries extérieures sur les paliers par des menuiseries en PVC.
- Remplacement des portes des halls d'entrée par des portes vitrées en acier.
- Remplacement des barrières bois des balcons par des garde-corps métalliques.
- Création de désenfumage en partie haute des cages d'escalier.

Note : sont encadrés les travaux qui donnent directement des paramètre pour une simulation du bilan énergétique des bâtiments.

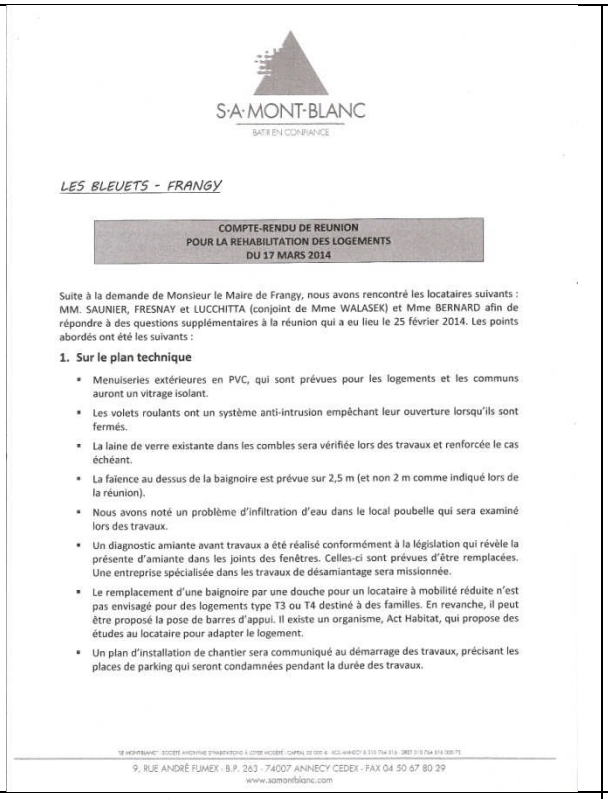
Travaux à l'intérieur des logements

- *Ventilation :*
  Remplacement des bouches d'extraction par des bouches hygroréglables dans les pièces humides.
- *Radiateurs :*
  Remplacement du radiateur de la salle de bains par un radiateur sèche-serviettes raccordé sur le chauffage central existant.
  Remplacement des vannes par des vannes à tête thermostatique et des tés de réglage sur tous les radiateurs.
- *Electricité :*
  Remplacement du tableau électrique d'abonné par un tableau avec portillon comprenant tous les coupe-circuits micro-disjoncteurs différentiels.
  Remplacement de toute la filerie y compris la mise à la terre.
  Remplacement des interrupteurs, douilles et prises de courant.
- *Peinture :*
  Réfection totale de la salle de bains.
- *Revêtement de sols :*
  Réfection des sols de la cuisine, salle de bains et WC.

Note : sont encadrés les travaux qui donnent directement ou indirectement des paramètre pour une simulation du bilan énergétique des bâtiments

Rappels : Par l'entremise de la CSF Frangy, les locataires des bâtiments A & B, vous ont fait connaître leurs doutes sur votre capacité à réduire de 35% la consommation énergétique des bâtiments au regard des travaux communs et façades annoncés. Ceci d'autant plus que la référence de base qui abouti au chiffre mentionnée n'est pas indiquée…
Si nous en avons eu présentation documentée et étayée en réunion associative, je n'ai pas connaissance de la réponse que vous y auriez apportée.

Courrier daté 18 Mars 2014, signé Jean-Pierre MONFORT



S·A·MONT·BLANC
BATIR EN CONFIANCE

LES BLEUETS - FRANGY

**COMPTE-RENDU DE REUNION
POUR LA REHABILITATION DES LOGEMENTS
DU 17 MARS 2014**

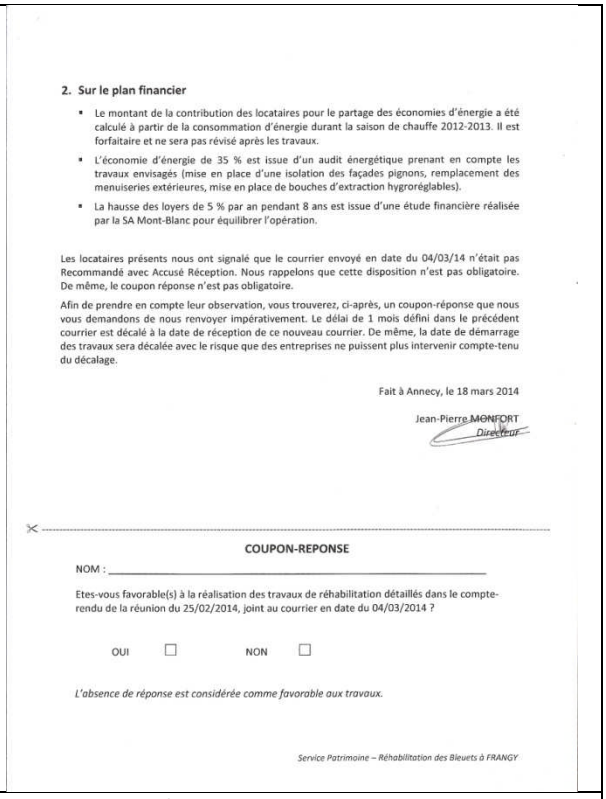
Suite à la demande de Monsieur le Maire de Frangy, nous avons rencontré les locataires suivants : MM. SAUNIER, FRESNAY et LUCCHITTA (conjoint de Mme WALASEK) et Mme BERNARD afin de répondre à des questions supplémentaires à la réunion qui a eu lieu le 25 février 2014. Les points abordés ont été les suivants :

1. Sur le plan technique

- Menuiseries extérieures en PVC, qui sont prévues pour les logements et les communs auront un vitrage isolant.
- Les volets roulants ont un système anti-intrusion empêchant leur ouverture lorsqu'ils sont fermés.
- La laine de verre existante dans les combles sera vérifiée lors des travaux et renforcée le cas échéant.
- La faïence au dessus de la baignoire est prévue sur 2,5 m (et non 2 m comme indiqué lors de la réunion).
- Nous avons noté un problème d'infiltration d'eau dans le local poubelle qui sera examiné lors des travaux.
- Un diagnostic amiante avant travaux a été réalisé conformément à la législation qui révèle la présente d'amiante dans les joints des fenêtres. Celles-ci sont prévues d'être remplacées. Une entreprise spécialisée dans les travaux de désamiantage sera missionnée.
- Le remplacement d'une baignoire par une douche pour un locataire à mobilité réduite n'est pas envisagé pour des logements type T3 ou T4 destiné à des familles. En revanche, il peut être proposé la pose de barres d'appui. Il existe un organisme, Act Habitat, qui propose des études au locataire pour adapter le logement.
- Un plan d'installation de chantier sera communiqué au démarrage des travaux, précisant les places de parking qui seront condamnées pendant la durée des travaux.

9, RUE ANDRÉ FUMEX - B.P. 263 - 74007 ANNECY CEDEX - FAX 04 50 67 80 29
www.samontblanc.com

Page 1 / fac-similé en courriers annexe



2. Sur le plan financier

- Le montant de la contribution des locataires pour le partage des économies d'énergie a été calculé à partir de la consommation d'énergie durant la saison de chauffe 2012-2013. Il est forfaitaire et ne sera pas révisé après les travaux.
- L'économie d'énergie de 35 % est issue d'un audit énergétique prenant en compte les travaux envisagés (mise en place d'une isolation des façades pignons, remplacement des menuiseries extérieures, mise en place de bouches d'extraction hygroréglables).
- La hausse des loyers de 5 % par an pendant 8 ans est issue d'une étude financière réalisée par la SA Mont-Blanc pour équilibrer l'opération.

Les locataires présents nous ont signalé que le courrier envoyé en date du 04/03/14 n'était pas Recommandé avec Accusé Réception. Nous rappelons que cette disposition n'est pas obligatoire. De même, le coupon réponse n'est pas obligatoire.

Afin de prendre en compte leur observation, vous trouverez, ci-après, un coupon-réponse que nous vous demandons de nous renvoyer impérativement. Le délai de 1 mois défini dans le précédent courrier est décalé à la date de réception de ce nouveau courrier. De même, la date de démarrage des travaux sera décalée avec le risque que des entreprises ne puissent plus intervenir compte-tenu du décalage.

Fait à Annecy, le 18 mars 2014

Jean-Pierre MONFORT
Directeur

COUPON-REPONSE

NOM : _____

Etes-vous favorable(s) à la réalisation des travaux de réhabilitation détaillés dans le compte-rendu de la réunion du 25/02/2014, joint au courrier en date du 04/03/2014 ?

OUI ☐ NON ☐

L'absence de réponse est considérée comme favorable aux travaux.

Service Patrimoine – Réhabilitation des Bleuets à FRANGY

Page 2 / fac-similé en courriers annexe

Note : Les encadrés de la liste ci-dessous détaillée vient en complément des travaux déjà détailleés dans les précedants courriers

LES BLEUETS - FRANGY

COMPTE-RENDU DE REUNION
POUR LA REHABILITATION DES LOGEMENTS
DU 17 MARS 2014

Suite à la demande de Monsieur le Maire de Frangy, nous avons rencontré les locataires suivants : MM. SAUNIER, FRESNAY et LUCCHITTA (conjoint de Mme WALASEK) et Mme BERNARD afin de répondre à des questions supplémentaires à la réunion qui a eu lieu le 25 février 2014. Les points abordés ont été les suivants :

1. Sur le plan technique

- Menuiseries extérieures en PVC, qui sont prévues pour les logements et les communs auront un vitrage isolant.
- Les volets roulants ont un système anti-intrusion empêchant leur ouverture lorsqu'ils sont fermés.
- La laine de verre existante dans les combles sera vérifiée lors des travaux et renforcée le cas échéant.
- La faïence au dessus de la baignoire est prévue sur 2,5 m (et non 2 m comme indiqué lors de la réunion).
- Nous avons noté un problème d'infiltration d'eau dans le local poubelle qui sera examiné lors des travaux.
- Un diagnostic amiante avant travaux a été réalisé conformément à la législation qui révèle la présente d'amiante dans les joints des fenêtres. Celles-ci sont prévues d'être remplacées. Une entreprise spécialisée dans les travaux de désamiantage sera missionnée.
- Le remplacement d'une baignoire par une douche pour un locataire à mobilité réduite n'est pas envisagé pour des logements type T3 ou T4 destiné à des familles. En revanche, il peut être proposé la pose de barres d'appui. Il existe un organisme, Act Habitat, qui propose des études au locataire pour adapter le logement.
- Un plan d'installation de chantier sera communiqué au démarrage des travaux, précisant les places de parking qui seront condamnées pendant la durée des travaux.

Curieux par nature et exigeant professionnellement, alors que le maitre d'ouvrage annonce un gain thermique prévisionnel/garanti de 35% en effets et capacités des travaux, j'ai mis la main et pris lecture de la Thèse de doctorat, présentée par Clara SPITZ , soutenue publiquement le 9 Mars 2012

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

Ont particulièrement attiré mon attention, dans la cadre spécifique du projet SA Mont-Blanc concernant les 2 immeubles dénommés 'Les Bleuets', sis à FRANGY 74270, les réflexions et interrogations posées par des incertitudes, notamment sur le gain énergétique de35 %

Je vous invite à trouver ci-après, pour lecture à l'attention particulière de la Direction SA Mont-Blanc et du Conseil d'Administration, les tirés à part du document d'origine totalisant 171 pages

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments
Thèse pour obtenir le grade de **DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE /** Spécialité : **Génie Civil et Sciences de l'Habitat**
Présentée par **Clara SPITZ**

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Spécialité : **Génie Civil et Sciences de l'Habitat**

Arrêté ministérial : Arrêté ministériel : 7 Août 2006

Présentée par

Clara SPITZ

Thèse dirigée par **Étienne WURTZ**
et codirigée par **Laurent MORA**

préparée au sein **LOCIE UMR CNRS 5271**
et de **SISEO**

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

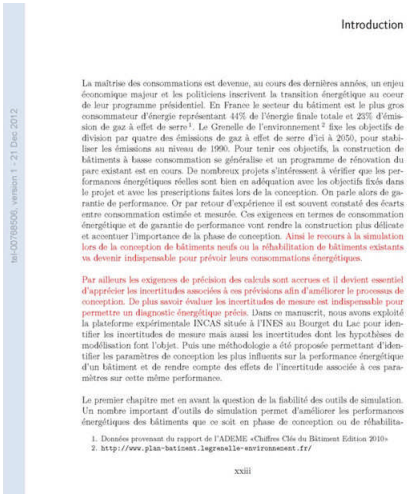
Thèse soutenue publiquement le **9 mars 2012**,
devant le jury composé de :

M. Jean-Jacques ROUX
Professeur, INSA Lyon, Rapporteur
M. Bruno PEUPORTIER
Maître de recherche, MINES ParisTech, Rapporteur
M. Darren ROBINSON
Professeur, Université de Nottingham, Examinateur
M. Hubert DESPRETZ
Ingénieur ADEME, Examinateur
M. Étienne WURTZ
Directeur de Recherche CNRS, CEA-INES, Directeur de thèse
M. Laurent MORA
Maître de conférence, Université de Bordeaux 1, Co-Directeur de thèse

Source : http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/76/85/06/PDF/These_-_Clara_-_Spitz_-_version_-_definitive.pdf

Page 3 / 171 :

Page n° 3	**La maîtrise des consommations est devenue, au cours des dernières années, un enjeu économique majeur et les politiciens inscrivent la transition énergétique au cœur de leur programme présidentiel. En France le secteur du bâtiment est le plus gros consommateur d'énergie représentant 44% de l'énergie finale totale et 23% d'émission de gaz à effet de serre 1. Le Grenelle de l'environnement 2 fixe les objectifs de division par quatre des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050, pour stabiliser les émissions au niveau de 1990. Pour tenir ces objectifs, la construction de bâtiments à basse consommation se généralise et un programme de rénovation du parc existant est en cours. De nombreux projets s'intéressent à vérifier que les performances énergétiques réelles sont bien en adéquation avec les objectifs fixés dans le projet et avec les prescriptions faites lors de la conception. On parle alors de garantie de performance. Or par retour d'expérience il est souvent constaté des écarts entre consommation estimée et mesurée. Ces exigences en termes de consommation énergétique et de garantie de performance vont rendre la construction plus délicate et accentuer l'importance de la phase de conception. Ainsi le recours à la simulation lors de la conception de bâtiments neufs ou la réhabilitation de bâtiments existants va devenir indispensable pour prévoir leurs consommations énergétiques.** **Par ailleurs les exigences de précision des calculs sont accrues et il devient essentiel d'apprécier les incertitudes associées à ces prévisions afin d'améliorer le processus de conception. De plus savoir évaluer les incertitudes de mesure est indispensable pour permettre un diagnostic énergétique précis.** **Dans ce manuscrit, nous avons exploité a plateforme expérimentale INCAS située à l'INES au Bourget du Lac pour identifier les incertitudes de mesure mais aussi les incertitudes dont les hypothèses de modélisation font l'objet. Puis une méthodologie a été proposée permettant d'identifier les paramètres de conception les plus influents sur la performance énergétique d'un bâtiment et de rendre compte des effets de l'incertitude associée à ces paramètres sur cette même performance.**
Discussion[s]	**Le premier chapitre met en avant la question de la fiabilité des outils de simulation.**
Requêtes adressées par courriers en date du 22/08/2014 à M Jean-Pierre MONFORT et à M Guy CHAVANNE *	- Quel est l'organisme dûment agréé à effectuer l'étude qui aboutit au chiffre d'un gain énergétique de35% retenu et propagé par la SA Mont-Blanc ? - Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ? - Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?



tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

Introduction

La maîtrise des consommations est devenue, au cours des dernières années, un enjeu économique majeur et les politiciens inscrivent la transition énergétique au coeur de leur programme présidentiel. En France le secteur du bâtiment est le plus gros consommateur d'énergie représentant 44% de l'énergie finale totale et 23% d'émission de gaz à effet de serre[1]. Le Grenelle de l'environnement [2] fixe les objectifs de division par quatre des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050, pour stabiliser les émissions au niveau de 1990. Pour tenir ces objectifs, la construction de bâtiments à basse consommation se généralise et un programme de rénovation du parc existant est en cours. De nombreux projets s'intéressent à vérifier que les performances énergétiques réelles sont bien en adéquation avec les objectifs fixés dans le projet et avec les prescriptions faites lors de la conception. On parle alors de garantie de performance. Or par retour d'expérience il est souvent constaté des écarts entre consommation estimée et mesurée. Ces exigences en termes de consommation énergétique et de garantie de performance vont rendre la construction plus délicate et accentuer l'importance de la phase de conception. Ainsi le recours à la simulation lors de la conception de bâtiments neufs ou la réhabilitation de bâtiments existants va devenir indispensable pour prévoir leurs consommations énergétiques.

Par ailleurs les exigences de précision des calculs sont accrues et il devient essentiel d'apprécier les incertitudes associées à ces prévisions afin d'améliorer le processus de conception. De plus savoir évaluer les incertitudes de mesure est indispensable pour permettre un diagnostic énergétique précis. Dans ce manuscrit, nous avons exploité la plateforme expérimentale INCAS située à l'INES au Bourget du Lac pour identifier les incertitudes de mesure mais aussi les incertitudes dont les hypothèses de modélisation font l'objet. Puis une méthodologie a été proposée permettant d'identifier les paramètres de conception les plus influents sur la performance énergétique d'un bâtiment et de rendre compte des effets de l'incertitude associée à ces paramètres sur cette même performance.

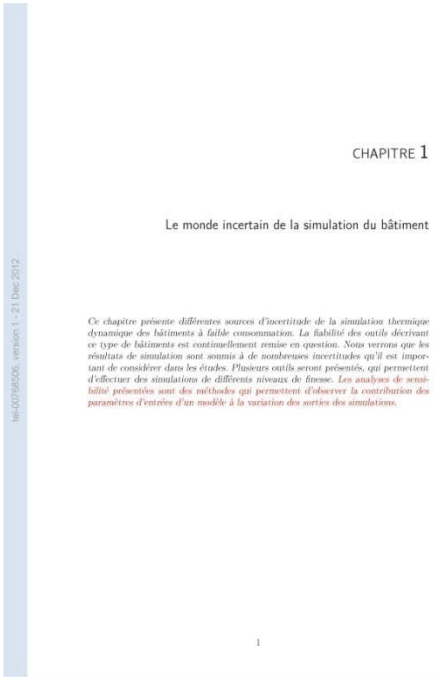
Le premier chapitre met en avant la question de la fiabilité des outils de simulation. Un nombre important d'outils de simulation permet d'améliorer les performances énergétiques des bâtiments que ce soit en phase de conception ou de réhabilita-

1. Données provenant du rapport de l'ADEME «Chiffres Clés du Bâtiment Edition 2010»
2. http://www.plan-batiment.legrenelle-environnement.fr/

xxiii

*http://www.collectiflesbleuets.fr/page111.html#13

Page 4 / 171 :

Page n° 4	
	**CHAPITRE 1** chapitre présente différentes sources d'incertitude de la simulation thermique dynamique des bâtiments à faible consommation. La fiabilité des outils décrivant ce type de bâtiments est continuellement remise en question. Nous verrons que les résultats de simulation sont soumis à de nombreuses incertitudes qu'il est important de considérer dans les études. Plusieurs outils seront présentés, qui permettent d'effectuer des simulations de différents niveaux de finesse. Les analyses de sensibilité présentées sont des méthodes qui permettent d'observer la contribution des paramètres d'entrées d'un modèle à la variation des sorties des simulations L'Le monde incertain de la simulation du bâtiment'.
Discussion[s]	**Le monde incertain de la simulation du bâtiment.**
Requêtes adressées par courriers en date du 22/08/2014 à M Jean-Pierre MONFORT et à M Guy CHAVANNE *	- Quel est l'organisme dûment agréé à effectuer l'étude qui aboutit au chiffre d'un gain énergétique de35% retenu et propagé par la SA Mont-Blanc ? - Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ? - Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

*http://www.collectiflesbleuets.fr/page111.html#13

<table>
<tr>
<td>
UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
THÈSE
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
Clara SPITZ
Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments</td>
<td>Chapitre 1 : Le monde incertain de la simulation du bâtiment
1.1 Les enjeux de l'utilisation de la simulation
thermique dynamique
La simulation numérique utilisée dans de nombreux domaines de recherche et développement comme la mécanique, l'astrophysique, la physique nucléaire, l'aéronautique, la météorologie... est un outil permettant de simuler des phénomènes réels.
Il est possible de simuler des phénomènes physiques complexes comme par exemple la prévision des changements climatiques, ou encore de tester les performances d'un avion, d'une voiture, d'un bateau ou d'un bâtiment.
La simulation sert à étudier le fonctionnement et les propriétés du système modélisé ainsi qu'à prévoir son évolution.
L'utilisation d'outils de simulation est décisive dans le processus de conception aussi bien pour des constructions neuves qu'en Dans sa thèse P. Tittelein [61] effectue un état de l'art sur l'analyse de cycle de vie des bâtiments, il en conclut que pour réduire l'impact environnemental d'un bâtiment, il est nécessaire de réduire ses consommations énergétiques. A l'aide de modèles détaillés et précis, la simulation thermique dynamique permet d'obtenir les températures d'air et les températures opératives dans les locaux permettant d'évaluer le confort de l'occupant. Chaque projet étant un prototype, la simulation doit permettre de déterminer les meilleures solutions technologiques mais aussi évaluer le potentiel de nouveaux systèmes.
Un exemple est la réduction du besoin de chauffage par optimisation des dimensions des vitrages grâce à la simulation numérique dans le cas de la conception des maisons INCAS au Bourget du Lac car la simulation numérique a permis d'évaluer différentes alternatives au regard de la performance énergétique et du confort des occupants constituant ainsi un outil d'aide à la décision incontournable. Dans la démarche d'une garantie de performance énergétique la simulation numérique offre des perspectives que l'on va tenter de préciser.rénovation.</td>
</tr>
<tr>
<td>Discussion[s]</td>
<td>- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?</td>
</tr>
<tr>
<td>Métrologie</td>
<td>- Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?</td>
</tr>
</table>

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

1.3 La problématique de la fiabilité des outils de simulation

1.3.1 Identification et caractérisation des sources potentielles de biais et d'incertitude

Au cours du processus de modélisation plusieurs étapes sont nécessaires pour obtenir un résultat. L'objet technologique est remplacé par un modèle théorique, puis mathématique, ensuite numérique et enfin algorithmique/informatique. Lors de ces transformations, de nombreuses simplifications, approximations, hypothèses sont faites et ces choix peuvent engendrer des biais dans le modèle.

Ceux qui proviennent des mondes mathématique, numérique et algorithmique sont souvent bien maîtrisés et faciles à déceler, à évaluer et à corriger. Par contre, les simplifications qui s'opèrent à l'intérieur des mondes technologiques (ex. : simplification de la géométrie, zonage) et physiques (phénomènes négligés, simplification des lois de transferts, descriptions empiriques) qui induisent souvent les biais les plus importants, posent des problèmes d'identification et d'évaluation.

Pour ce qui est des incertitudes, il convient de séparer celles qui sont associées à des mesures, à caractère aléatoire et facilement évaluables, de celles qui reflètent une connaissance imparfaite ou incomplète de l'objet et dont l'appréciation ne peut être que de nature subjective. Ces dernières peuvent apparaître au niveau des paramètres invariables au cours de la simulation (ex. : propriétés physiques des matériaux, coefficients d'échange, etc.), des conditions aux limites et des sollicitations météorologiques,

des charges internes, du comportement des usagers et de la gestion...

1.3.2 Les outils de simulation sont-ils fiables ?

De nombreux outils de simulation sont proposés aux acteurs du bâtiment : Trnsys, EnergyPlus, Comfie+Pléiades... Tous ces outils ont montré leurs performances et ont fait l'objet de validations poussées. Les projets PASSYS et BESTEST sont les projets les plus emblématiques s'étant intéressés à la validation des outils de simulation appliqués à la thermique des bâtiments. Le projet européen PASSYS a été proposé en 1986 par la commission européenne avec comme but d'augmenter la fiabilité des systèmes solaires passifs et il s'est intéressé à valider les codes de simulation.

Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

Chapitre 1 : Le monde incertain de la simulation du bâtiment

Le choix du pas de temps de simulation qui est horaire en général est important. Dans les bâtiments à basse consommation, les grandes ouvertures sur l'extérieur et l'énergie solaire contribuent à la modification du comportement thermique des bâtiments.
Les données horaires pour le rayonnement ne permettent pas de représenter correctement le lever et le coucher du soleil et lissent les perturbations en cours de journée induisant des biais dans les résultats de simulation dans le cas de bâtiments à faible consommation d'énergie.
La localisation de la station météo est également importante et elle doit être suffisammentproche du bâtiment simulé pour ne pas engendrer d'incertitude. Krügera et al. (2008) [34] montrent dans une étude l'influence des résultats de simulation avec des données météo du site voisin. Une étude 4 effectuée par le bureau d'étude Enertech montre l'évaluation par la mesure des performances énergétiques des bâtiments construits dans le projet de la ZAC de Bonne à Grenoble. Les prévisions des consommations ont été faites avec des données météo issues des stations situées hors de la ville. De grosses différences sont constatées entre les mesures in situ et la station hors de la ville, la ville ayant des températures annuelles moyennes plus élevées de 2°C dues à l'îlot de chaleur. Cela a pour conséquence une surestimation des consommations de chauffage lors des simulations pouvant atteindre 30%.
Les bâtiments sont conçus pour les occupants et il est important de ne pas négliger le confort thermique par rapport à l'efficacité énergétique du bâtiment ni l'influence du comportement de l'occupant sur la performance énergétique. Lors de la conception des bâtiments, les scénarios d'occupation et de dégagement de chaleur des appareils électriques sont estimés. Après construction, des écarts de consommation sont identifiés entre la prévision et la réalité. Ces écarts peuvent être dus essentiellement au scénario considéré lors de la phase de conception. Un exemple est l'augmentation de la consigne de chauffage de 1°C qui a comme impact une augmentation des besoins de chauffage de 12 à 18% dans le cas de bâtiments très isolés (note n°4).
La modélisation du confort thermique est un sujet complexe en regard de l'évaluation du confort thermique. Le confort thermique est un état d'équilibre entre le corps et son environnement mais la sensation de confort thermique est très subjective et dépend de l'individu (âge, sexe, situation géographique..) et de son activité (état de repos, sport, travail..). Il dépend de paramètres comme la température d'air et des surfaces environnantes, de la vitesse d'air, de l'humidité. Cette notion étant propre à chaque individu et fonction de sa sensibilité, son niveau d'habillement, son taux d'activité et fait l'objet de nombreux projets de recherche portant sur le confort de l'occupant [43], [47]. Des études plus récentes ont porté sur l'approche adaptative du confort consistant à prendre en compte les interactions entre l'occupant et son environnement et Brager et al (1998) [6] et Haldi et al (2008) [26] nous proposent un état des lieux sur l'adaptation du confort thermique dans les bâtiments. Malgré un nombre conséquent de projets de recherche s'intéressant au confort thermique de l'occupant, la modélisation de celui ci reste complexe et source d'incertitude et 4. rapport du cabinet Enerthec «Evaluation par mesure des performances énergétiques des 8 bâtiments de la Zac de Bonne à Grenoble - SYNTHESE»

Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

	Chapitre 1 : Le monde incertain de la simulation du bâtiment **Les principales caractéristiques architecturales d'un bâtiment sont définies très tôt dans le projet comme par exemple la superficie des ouvrants et les outils de simulation permettent de modéliser les apports passifs dus en grande partie au rayonnement solaire direct et diffus. Ce rayonnement entrant par une fenêtre est souvent pris en compte dans les logiciels de façon simplifiée. De nombreux modèles existent [61] mais ils comportent tous des approximations sujettes aux incertitudes.** **Le dimensionnement des ouvrants nécessaires dans les façades en fonction du potentiel disponible en tirage thermique et en vent afin d'éviter les risques de surchauffe en période estivale est effectué en phase d'avant projet. De nombreux travaux de recherche portent sur ce sujet et la thèse de L. Stephan (2010)[58] dont le sujet est la "Modélisation de la Ventilation Naturelle pour l'Optimisation du Rafraîchissement Passif des Bâtiments", expose différentes méthodes de calculs pour modéliser la ventilation naturelle par des outils d'aide à la décision mais aussi par des outils plus précis permettant de réaliser des simulations fines du comportement aéraulique du bâtiment. Malheureusement ce type de simulation n'est pas adapté aux travaux des bureaux d'études car même avec des temps de calcul très élevés, les résultats manquent toujours de fiabilité.** **Le vieillissement des composants et notamment de nouveaux composants à très haute efficacité énergétique est rarement déterminé correctement au moment de la fabrication. Un exemple en est celui des fenêtres intégrant une lame d'argon entre deux vitrages dont l'étanchéité de l'espace n'est pas connue or en l'absence de ce gaz, l'efficacité du vitrage diminue ainsi que la performance du bâtiment induisant un écart sur la consommation énergétique du bâtiment.**
Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment on été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

<table>
<tr>
<td>
UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
THÈSE
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
Clara SPITZ
Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments</td>
<td>
Chapitre 1 : Le monde incertain de la simulation du bâtiment

1.4 État de l'art des méthodes d'analyses de sensibilité

1.4 État de l'art des méthodes d'analyses de sensibilité
– Les méthodes de sensibilité locales et globales qui permettent de déterminer les effets des paramètres sur la sortie du modèle.
– L'analyse d'incertitude qui permet de déterminer un intervalle de confiance pour la sortie du modèle.
– La calibration qui permet d'effectuer une comparaison avec l'expérimentation et ainsi déterminer les valeurs optimales des paramètres.
1.4.1.1 Méthode de Screening
Les modèles mathématiques sont souvent complexes et impliquent un grand nombre
de paramètres d'entrée. La question qui se pose est : quels paramètres sont réellement influents sur les sorties du modèle qui nous intéressent ?

Pour identifier les paramètres les plus importants parmi un grand nombre de paramètres, le choix de l'expérience est essentiel. Elle doit permettre avec un nombre de simulation limité d'obtenir un résultat. La méthode de Screening permet d'obtenir
cette information. Elle est peu coûteuse en temps de calcul et elle est utilisée dans différents domaines. L'inconvénient de cette méthode est qu'elle permet uniquement
d'obtenir une information qualitative sur les paramètres les plus influents. Les paramètres sont classés par ordre d'importance mais cette méthode ne permet pas de
quantifier l'importance d'un paramètre par rapport à un autre.
</td>
</tr>
<tr><td>Discussion[s]</td><td>- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?</td></tr>
<tr><td>Métrologie</td><td>- Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?</td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>
UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
THÈSE
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
Clara SPITZ
Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments</td>
<td>

Chapitre 1 : Le monde incertain de la simulation du bâtiment

1.4 État de l'art des méthodes d'analyses de sensibilité

Pour un calcul dynamique, la dérivée s'effectue pour chaque pas de temps. L'analyse de sensibilité locale permet avec un grand jeu de paramètres et un faible nombre de simulations d'obtenir une information qualitative sur les paramètres influençant le plus la sortie du modèle.

Elles (A. Saltelli (2008) [56]) sont simples à mettre en place et sont idéales lorsque le nombre de facteurs d'entrée est trop important pour appliquer directement une analyse de sensibilité globale. Dans cette méthode un seul paramètre varie à la fois, les autres restants à leur valeur nominale, ce qui évite les problèmes d'effets d'annulation (lorsque les effets de deux facteurs ayant des influences sur la sortie s'annulent entre eux). Cette grandeur permet de connaître l'effet du paramètre *i*, sachant que sa variation autour de sa valeur nominale (*xio*) est faible, ce qui permet de garantir le critère de linéarité.

La différence *xi*–*x*0 a un rôle important. Elle doit être suffisamment faible pour que cette analyse soit valide et suffisamment "grande" pour ne pas engendrer de problème numérique.

Cette méthode demande un nombre de simulation *N* égal au nombre de paramètres (*k*) plus un, *N* = *k* + 1.

[…]

</td>
</tr>
<tr><td>**Discussion[s]**</td><td>- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?</td></tr>
<tr><td>**Métrologie**</td><td>- Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?</td></tr>
</table>

*** Note : Toutes les formules mathématiques complexes figurant dans la thèse ne sont pas reproduites dans cette extraction condensée et simplifiée de la page originale du document cité en référence.**

<table>
<tr>
<td>
</td>
<td>Chapitre 1 : Le monde incertain de la simulation du bâtiment

Les méthodes d'analyse de sensibilité globale sont nombreuses. La principale différenciation entre ces méthodes est le temps de simulation car le nombre de simulation peut être très variable pour obtenir un résultat fiable. A la suite d'une analyse de sensibilité, il est intéressant d'effectuer une analyse d'incertitude.
1.4.2 Analyse d'incertitude
Une analyse d'incertitude permet de caractériser la réponse d'un modèle dans un intervalle de confiance connaissant l'incertitude des paramètres d'entrée. En connaissant l'incertitude associée à un paramètre, un échantillonnage ainsi qu'une distribution doivent être choisis.

Les techniques d'échantillonnage existantes sont nombreuses :
1. La méthode de Monte Carlo crée un échantillonnage aléatoire dans la plage de variation du paramètre et suivant sa distribution. Cette méthode est facile à mettre en place mais elle a comme principal désavantage un nombre de simulation élevé pour obtenir des résultats satisfaisants.
2. Les méthodes de Quasi-Monte Carlo sont des versions déterministes des méthodes
de Monte Carlo. Ces méthodes ont une meilleure vitesse de convergence que Monte Carlo standard, pour un même nombre de points.
3. L'échantillonnage Latin Hypercube Sampling (LHS) est une technique d'échantillonnage qui permet une exploration offrant une bonne couverture de l'espace des facteurs.</td>
</tr>
<tr><td>Discussion[s]</td><td>- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?</td></tr>
<tr><td>Métrologie</td><td>- Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?</td></tr>
</table>

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

M. Jean-Jacques ROUX
M. Bruno PEUPORTIER
M. Darren ROBINSON
M. Hubert DESPRETZ
M. Etienne WURTZ
M. Laurent MORA

Chapitre 1 : Le monde incertain de la simulation du bâtiment

1.5 Conclusion

Ce premier chapitre a présenté différentes sources d'incertitudes concernant notamment les outils de simulation thermique dynamique appliqués aux bâtiments à faible consommation. La simulation est un outil d'aide à la décision essentiel et un outil de persuasion pour faire adopter les meilleures solutions techniques. Elle permet d'évaluer différentes alternatives au regard de la performance énergétique et du confort des occupants.

De nombreux outils existent et les plus répandus ont été présentés dans ce chapitre. Cependant bien que ces outils existent depuis longtemps, leur fiabilité est mise en doute car on observe de nombreux écarts dans les résultats entre les outils et par rapport à la réalité dans le cas de bâtiments à faible consommation énergétique.

De plus aujourd'hui, on s'intéresse de plus en plus à la garantie de performance énergétique des bâtiments qui consiste à vérifier que les performances réelles d'un bâtiment sont bien en adéquation avec les objectifs fixés dans le projet lors de la conception. Dans le cas de comparaison entre les phases d'étude et d'occupation de nombreux écarts sont observés. L'exemple de données météo mesurées par rapport au fichier moyen utilisé a montré une variabilité sur les résultats de modélisation des
besoins de chauffage d'une maison à faible consommation d'énergie. La difficulté de la prévision du climat induit des incertitudes sur les résultats de simulation et on a vu que d'autres sources d'incertitudes peuvent impacter la garantie de performance.
Une présentation des analyses de sensibilité appliquées aux bâtiments a été décrite. Ces méthodes permettent d'identifier un jeu réduit de paramètres ayant une influence prédominante vis à vis des autres paramètres. Une meilleure connaissance des paramètres influents permettra une meilleure prédiction. Une analyse d'incertitude permet de caractériser la réponse d'un modèle dans un intervalle de confiance connaissant à priori l'incertitude des paramètres d'entrée. Les analyses de sensibilité les analyses d'incertitude permettent dans le cadre d'une expérimentation
d'améliorer le comportement entre le modèle et la mesure, on peut alors parler de validation du modèle. Fürbringer (1999) [25] définit les analyses de sensibilité comme
essentielles dans le domaine de la simulation du bâtiment et il est nécessaire de les implémenter directement dans les outils.
Dans la suite de ces travaux, on va s'intéresser à définir les différentes sources d'incertitude tant dans la mesure des performances que dans les résultats de simulation numérique. Après avoir mis en évidence la nécessite de traiter cette problématique d'incertitude et les différentes méthodes qui permettent de les identifier, on va maintenant considérer l'exemple de la plateforme expérimentale de l'INES en mettant en avant l'ensemble des problématiques qui ont été rencontrées au cours des mesures et qui nous ont conduits à proposer la méthodologie de prise en compte des incertitudes qui sera présentée par la suite.

Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

Chapitre 2 : La problématique des incertitudes en regard d'une plateforme d'expérimentation

2.1 Cadre d'étude : les maisons INCAS

La plate-forme INCAS (figure 2.1) est un site destiné à la construction de bâtiments expérimentaux dédiés à la recherche sur l'efficacité énergétique du bâtiment. Ce site est situé dans l'enceinte de l'Institut National de l'Énergie Solaire (INES) sur la technopole de Savoie Technolac au Bourget du Lac en Savoie. Elle est actuellement constituée de trois constructions à faible consommation énergétique, de 10 bancs expérimentaux d'intégration de toiture photovoltaïque et de quatre cellules PASSYS dont deux cellules orientables.

UNIVERSITÉ DE GRENO

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBL

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outil simulation et des incertitudes métrologie appliquée à l'effica énergétique des bâtiments

Figure 2.1 – La plate-forme INCAS

Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

Chapitre 2 : La problématique des incertitudes en regard d'une plateforme d'expérimentation

2.1 Cadre d'étude : les maisons INCAS

Figure 2.2 – Les trois maisons INCAS

2.1.2 Description des maisons INCAS double mur et béton

Les maisons INCAS sont des bâtiments expérimentaux construits pour permettre d'évaluer les enjeux de l'optimisation des bâtiments neufs en regard de la consommation énergétique. Elles ont été conçues pour être à bilan énergétique équilibré et les besoins de chauffage correspondent à 15kWh/(m2.an). Cette consommation correspond à celle du label Allemand «Passiv Haus » et a été obtenue en optimisant la conductance des parois opaques, les caractéristiques des vitrages ou encore la perméabilité à l'air de l'enveloppe.

Les modèles

La figure 2.2 représente les trois bâtiments actuellement construits, deux à forte inertie : une Double Mur (I-DM) une en Béton Banché (I-BB) et une à Ossature Bois (I-OB). Les maisons expérimentales sont basées sur une géométrie très proche, simple et compacte. Les bâtiments ont été construits dans le cadre du projet MAISONPASSIV financé par l'ANR et ont fait l'objet de plusieurs projets de recherche dont le projet ANR BATIMETRE pour la mise en place de la métrologie. L'objectif de ces maisons est multiple :

– valider les codes de simulation
– évaluer les performances de différents modes constructifs
– tester l'efficacité de différents systèmes énergétiques

Note	**Le modèle retenu est celui la construction Béton Banché ou I-BB**

Les 3 modèles

La maison Double Mur

La première maison de la plate-forme est construite selon un mode constructif à double mur. La figure 2.4 représente le schéma de principe de la maison. Le mur extérieur est constitué de deux murs en aggloméré de béton de 15cm d'épaisseur prenant en «sandwich» une isolation en panneaux semi-rigide de laine de verre à haute densité d'épaisseur 20cm et de conductivité 0,035W/(m.K). Le vide sanitaire est isolé avec du polystyrène extrudé insensible à l'eau car il est possible que le vide sanitaire soit inondé. Les parois horizontales du vide sanitaire sont isolées par 20cm de polystyrène extrudé de conductivité 0,029W/(m.K). Le plancher intermédiaire est réalisé en poutrelle hourdis béton non isolé, les combles sont isolés par 40 cm de laine de verre et les murs pignons sont isolés par une épaisseur de 10cm à l'intérieur en plus des 20cm du double-mur. Les principaux matériaux et leurs épaisseurs utilisées pour la construction de la maison I-DM sont représentés sur la figure 2.5. Les propriétés physiques des parois sont en annexe D.

La maison Béton Banché

La deuxième maison de la plate-forme est construite selon un mode constructif à isolation par l'extérieur. La figure 2.6 représente le schéma de principe de la maison I-BB. Le mur extérieur est constitué de 15 cm de béton banché et de 20cm de polystyrène extrudé constitué de deux couches croisées de 10cm. Les autres principes constructifs sont identiques à la maison I-DM. Les principaux matériaux et leurs épaisseurs utilisés pour la construction de la maison I-DM sont représentés sur la figure 2.7. Les propriétés physiques des parois sont en annexe D.

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

Figure 2.7 – Principaux matériaux utilisés dans l'enveloppe de la maison expérimentale I-BB

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

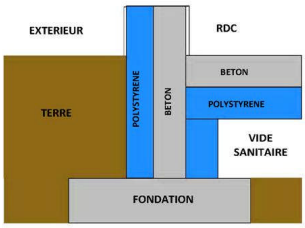


Figure 2.6 – Liaison plancher bas mur extérieur de la maison I-BB

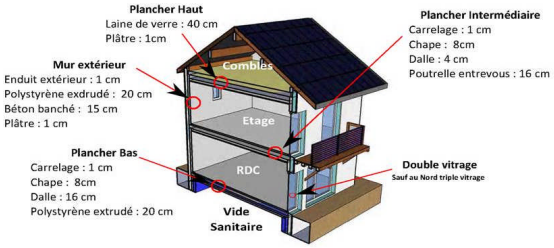


Figure 2.7 – Principaux matériaux utilisés dans l'enveloppe de la maison expérimentale I-BB

2.1.2.3 Traitements des points singuliers

Des efforts ont été faits en ce qui concerne l'étanchéité à l'air et le traitement des ponts thermiques. Pour éviter les pertes par infiltration au niveau des dormants des fenêtres, du silicone a été utilisé pour obturer les extrémités et une attention particulière a été apportée au passage de câbles pour ne pas percer les parois verticales. Pour les ponts thermiques, des rupteurs de ponts thermiques ont été utilisés à la liaison toiture/murs pignons ainsi qu'au niveau des coffres de volets roulants. Si les traitements des ponts thermiques sont respectés correctement, il y a peu d'incertitudes sur la conception dues aux ponts thermiques

Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

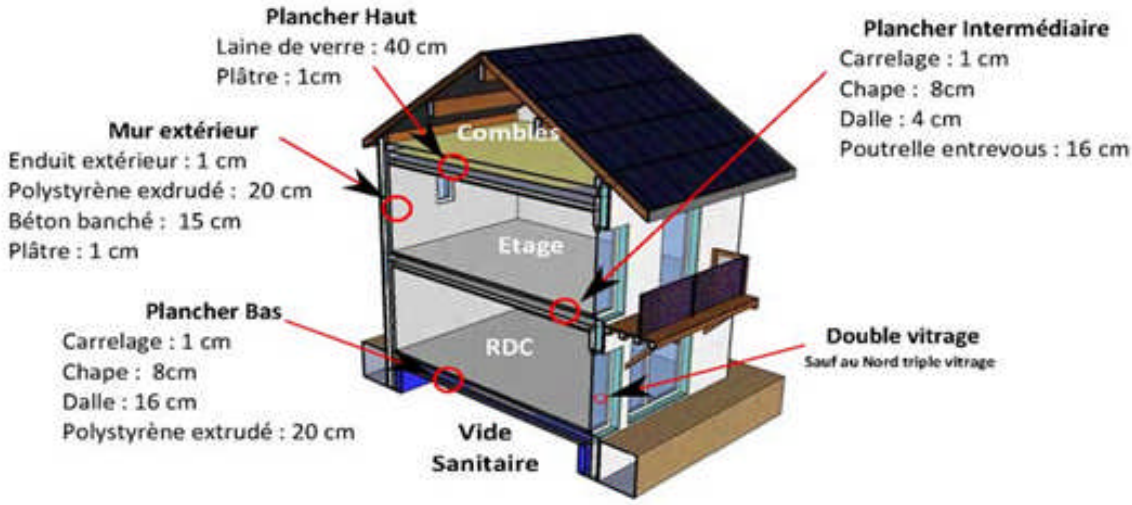


Figure 2.7 – Principaux matériaux utilisés dans l'enveloppe de la maison expérimentale I-BB

2.1.2.3 Traitements des points singuliers

Des efforts ont été faits en ce qui concerne l'étanchéité à l'air et le traitement des ponts thermiques. Pour éviter les pertes par infiltration au niveau des dormants des fenêtres, du silicone a été utilisé pour obturer les extrémités et une attention particulière a été apportée au passage de câbles pour ne pas percer les parois verticales.
Pour les ponts thermiques, des rupteurs de ponts thermiques ont été utilisés à la liaison toiture/murs pignons ainsi qu'au niveau des coffres de volets roulants. Si les traitements des ponts thermiques sont respectés correctement, il y a peu d'incertitudes sur la conception dues aux ponts thermiques.

2.1.2.4 Renouvellement d'air et systèmes énergétiques

Ventilation double flux Les maisons sont équipées de ventilation double flux Duolix Max. Au niveau de la centrale, il y a deux ventilateurs : l'un pour le circuit d'air neuf et l'autre pour le circuit d'air vicié. Une batterie électrique est présente pour le chauffage et l'échangeur de chaleur est à plaques air/air. Ce dernier permet une récupération de chaleur jusqu'à 92% (donnée constructeur). L'incertitude de ce paramètre sera étudié par la suite. Un by-pass permet le rafraîchissement par ventilation directe. Il fonctionne en pilotage automatique avec des sondes sur l'air neuf et l'air extrait. La résistance électrique pour la batterie de chauffage est de 1,2kW. Au niveau du réseau aéraulique, les conduits sont en PVC souple en double peau isolés pour la prise d'air et l'extraction. Pour la distribution et la reprise d'air intérieur, il y a des conduits cylindriques acier (diamètres : 80 et 125 mm) et des conduits rigides plats PVC (épaisseur : 55 mm).

Chauffage Les besoins en chauffage sont couverts par la ventilation mécanique. Cependant d'autres systèmes peuvent être implantés dans les maisons. Comme par exemple dans la maison I-DM, un plancher chauffant/rafraichissant hydraulique noyé dans la dalle peut être couplé au chauffe eau solaire.

Panneaux photovoltaïques Les toitures sont couvertes d'une surface d'environ 40m2 de panneaux photovoltaïques. Pour la maison I-DM, le matériau est du silicium poly cristallin et pour la maison I-BB, les panneaux sont en Cuivre-Indium-Sélénium. Ces installations devraient produire environ 5400 kWh/an. Les valeurs de la production d'énergie par les panneaux photovoltaïques sont fiables voir même pessimistes. En effet les constructeurs de panneaux s'engagent à produire une certaine quantité d'énergie et ce n'est pas dans leur intérêt de surestimer la production.

Capteurs plans Sur chaque maison des capteurs plans sont installés. Sur la maison I-DM, il s'agit du modèle BLOCSOL ECS 400, fourni par le fabricant français CLIPSOL composé de 8m2 de panneaux solaires thermiques plans vitrés (dont 4m2 pour le chauffage). Sur la maison I-BB, on a disposé 3 m2 (surface des absorbeurs) de capteurs à tubes sous vide installés verticalement sur le balcon au sud, le modèle est Vitosol 200-T, fabriqué par CLIPSOL.

A l'évidence, seuls s'appliquent au modèle « Réhabilitation Les Bleuet » tel que présenté aux locataires, et pour sa réussite, les caractéristiques des matériaux de l'enveloppe + l'étanchéité à l'air et le traitement des ponts thermiques.

A part l'isolation thermique, rien n'est proposé ou suggéré, hormis le remplacement des vannes des radiateurs par des vannes à tête thermostatique, pour ce qui est des innovations technologiques ou de modernisation d'un chauffage central fonctionnant au fioul domestique, et + notamment le rendement de sa chaudière et de ses contrôles en temps réel.

- *Ventilation :*
  Remplacement des bouches d'extraction par des bouches hygroréglables dans les pièces humides.
- *Radiateurs :*
  Remplacement du radiateur de la salle de bains par un radiateur sèche-serviettes raccordé sur le chauffage central existant.
  Remplacement des vannes par des vannes à tête thermostatique et des tés de réglage sur tous les radiateurs.
- *Electricité :*
  Remplacement du tableau électrique d'abonné par un tableau avec portillon comprenant tous les coupe-circuits micro-disjoncteurs différentiels.
  Remplacement de toute la filerie y compris la mise à la terre.
  Remplacement des interrupteurs, douilles et prises de courant.
- *Peinture :*
  Réfection totale de la salle de bains.
- *Revêtement de sols :*
  Réfection des sols de la cuisine, salle de bains et WC.

Extrait du courrier daté 26 Février 2014, signé Christophe BONNET

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

Pour permettre le suivi énergétique dans le temps de la plateforme d'expérimentation, une instrumentation spécifique a été installée sur le site de l'INES qui va fait l'objet du paragraphe suivant.

Chapitre 2 : La problématique des incertitudes en regard d'une plateforme d'expérimentation

Figure 2.9 – Les stations météo d'INES

2.1.3.1 Les stations météo

Il est important de connaître les conditions météo auxquelles le bâtiment est soumis. Krügera et al. (2008) [34] montrent dans une étude l'influence des résultats de simulation avec des données météo du site voisin. Pour pallier aux désavantages de telles données et connaître au mieux les phénomènes météorologiques locaux, plusieurs appareils de mesure sont implémentés sur le site de l'INES, sur le lampadaire de l'avenue du lac Léman en face du bâtiment Lynx 3 et sur la plate-forme des bâtiments Puma 2 et 3. Les figure 2.8 et 2.9 représentent le site de l'INES avec les deux stations météo. Pour la station sur la plate-forme des éléments environnants comme la cheminée réfléchissante et les armatures en inox perturbent les mesures. Certains appareils sont doublés et situés sur les deux stations permettant une comparaison entre les deux systèmes de mesure.

2.1.3.2 Métrologie dans les maisons

La plateforme d'expérimentation est équipée de 250 capteurs permettent de suivre l'évolution temporelle des températures d'air, températures de surface, températures radiatives, vitesse d'air, humidité et consommations électriques. La maison I-DM a un niveau d'instrumentation plus élevé avec des capteurs permettant de mesurer les débits d'air dans les gaines de ventilation, les températures d'air à l'entrée et à la sortie de l'échangeur […]

Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment ont été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

2.1.1 La plate-forme INCAS

Les bâtiments ont été construits dans le cadre du projet MAISONPASSIVE financé par l'ANR et ont fait l'objet de plusieurs projets de recherche dont le projet ANR BATIMETRE pour la mise en place de la métrologie. L'objectif de ces maisons est multiple :
– valider les codes de simulation
– évaluer les performances de différents modes constructifs
– tester l'efficacité de différents systèmes énergétiques

Les codes de simulation seront utilisés pour évaluer le comportement thermique, pour valider les modèles thermiques et aussi pour vérifier la conception du bâtiment après construction. Pour s'affranchir des incertitudes liées aux comportements des occupants, les maisons ne sont pas habitées. Les maisons permettent aussi de tester de nouveaux systèmes énergétiques adaptés aux maisons à faible consommation énergétique. Dans notre cas, ces maisons permettent de valider les modèles thermiques.

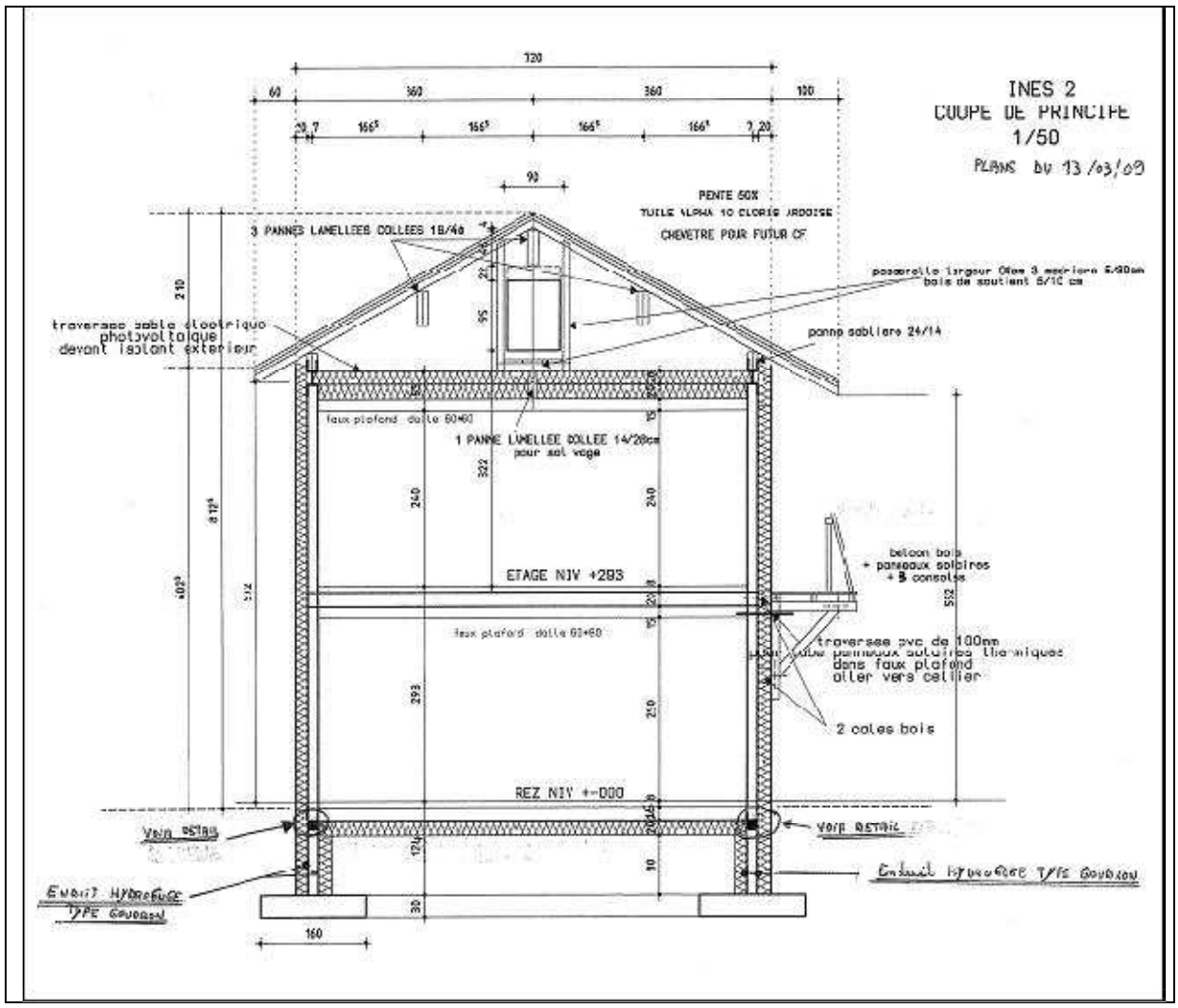
2.1.2 Description des maisons INCAS double mur et béton

Les maisons INCAS sont des bâtiments expérimentaux construits pour permettre d'évaluer les enjeux de l'optimisation des bâtiments neufs en regard de la consommation énergétique. Elles ont été conçues pour être à bilan énergétique équilibré et les besoins de chauffage correspondent à 15kWh/ (m2.an). Cette consommation correspond à celle du label Allemand «Passiv Haus » et a été obtenue en optimisant la conductance des parois opaques, les caractéristiques des vitrages ou encore la perméabilité à l'air de l'enveloppe.

La maison Béton Banché La deuxième maison de la plate-forme est construite selon un mode constructif à isolation par l'extérieur. La figure 2.6 représente le schéma de principe de la maison I-BB. Le mur extérieur est constitué de 15cm de béton banché et de 20cm de polystyrène extrudé constitué de deux couches croisées

de 10cm. Les autres principes constructifs sont identiques à la maison I-DM. Les principaux matériaux et leurs épaisseurs utilisés pour la construction de la maison I-DM sont représentés sur la figure 2.7. Les propriétés physiques des parois sont en annexe D.

Annexe C: Plan de la maison béton



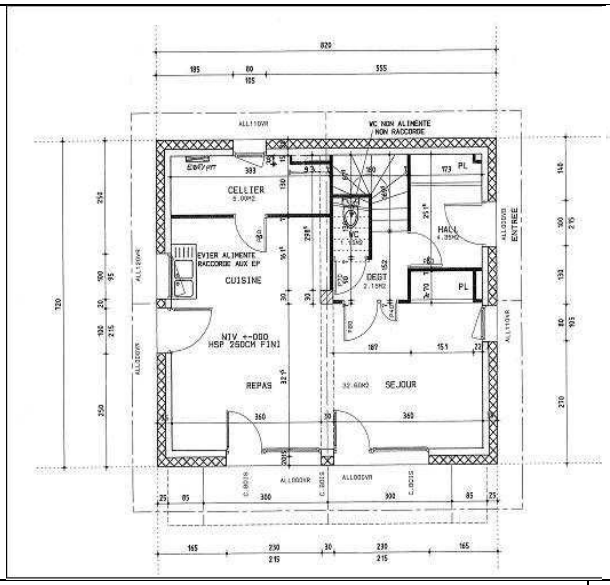


Figure 37 – Plan du RDC de la maison I-BB

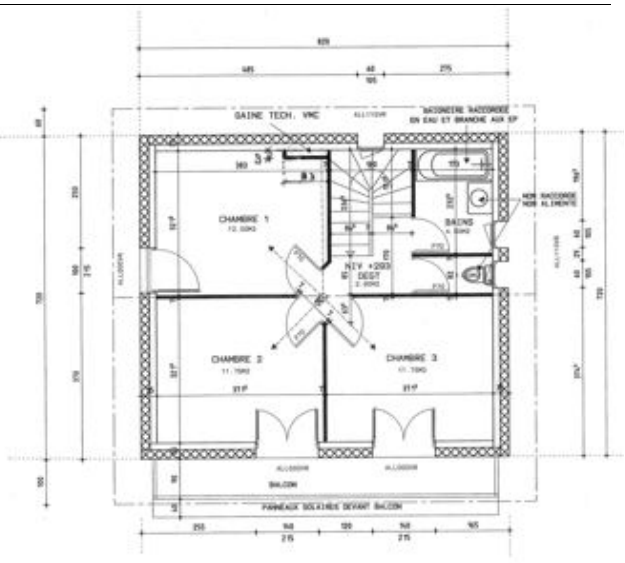


Figure 38 – Plan de l'étage de la maison I-BB

Note : les surfaces RDC + étage de la maison BB de référence correspondent aux surfaces des appartements classés T4, 82 m^2 habitables dans le contrat locatif avec le bailleur SA Mont-Blanc **.**

Table 8 – Propriétés thermo-physique des matériaux de constructions des parois opaques des maisons I-DM et I-BB / Page 156

Annexe D: Composition des parois et propriétés thermo-physique des matériaux des maisons I-DM et I-BB

Type de paroi	Matériau	e [cm]	λ [W/(m.K)]	ρ [kg/m³]	Cp [J/(kg.K)]
Mur extérieur **Maison I-DM**	Enduit extérieur	1	1	1450	500
	Parpaing	15	0,74	800	648
	Laine de verre	20	0,035	12	840
	Parpaing	15	0,74	800	648
	Plâtre	1,5	0,42	1200	837
Mur extérieur **Maison I-BB**	Enduit extérieur	1	1	1450	500
	Polystyrène extrudé	20	0,030	35	1400
	Béton Banché	15	1,75	2400	880
	Plâtre	1,5	0,42	1200	837
Plancher bas **I-DM & I-BB**	Polystyrène extrudé	20	0,030	35	1400
	Dalle pleine	16	2,5	2400	1000
	Chape béton	8	1,75	2400	880
Combles **I-DM & I-BB**	Laine de verre	40	0,035	12	840
	Plâtre	1,5	0,42	1200	837
Plancher intermédiaire **I-DM & I-BB**	Poutrelle	16	1,23	1300	648
	Dalle pleine	4	2,5	2400	1000
	Chape béton	8	1,75	2400	880
	Carrelage	1	0,41	1200	1000

Table 8 – Propriétés thermo-physique des matériaux de constructions des parois opaques des maisons I-DM et I-BB

Table 9 / Extrait

Type de paroi	Coefficient U [W/(m².K)]
Mur extérieur Maison I-DM épaisseur ≅ 50 cm	0,165
Mur extérieur Maison I-BB épaisseur ≅ 35 cm	0,144
Plancher bas I-DM & I-BB épaisseur ≅ 42 cm	0,147
Combles I-DM & I-BB épaisseur ≅ 41 cm	0,11

Table 9 – Coefficient de transmission thermique des parois des maisons I-DM et I-BB

Table 10 / Extrait

Émissivité extérieur	0,9
Émissivité intérieur	0,9
coefficient d'absorption extérieur	0,5
coefficient d'absorption intérieur	0,3

Table 10 – Propriétés de surface des parois opaques des maisons I-DM et I-BB

Table 12 / Extrait

	Vitrage extérieur	Vitrage intérieur
Épaisseur	0,04	0,04
Transmission du rayonnement solaire en incidence normale	0,842	0,588
Réflexion solaire en incidence normal côté intérieur	0,076	0,312
Réflexion solaire en incidence normal côté extérieur	0,076	0,246
Transmission optique à incidence normale	0,9	0,889
Réflexion visible en incidence normal côté intérieur	0,082	0,048
réflexion visible en incidence normal côté extérieur	0,082	0,055
Transmission infrarouge en incidence normale	0	0
Émissivité infrarouge hémisphérique côté intérieur	0,837	0,037
Émissivité infrarouge hémisphérique côté extérieur	0,837	0,837
Conductivité [W/(m.K)]	1	1

Table 12 – Propriétés physique des fenêtres double vitrage des maisons I-DM, I-BB et RT 2005

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

Annexe E: Composition des menuiseries des maisons I-DM, I-BB et RT 2005

Type de vitrage	U_w [W/(m².K)]	facteur solaire [-]	Taux d'ouverture [%]
Double vitrage peu émissif, lame argon, cadre PVC	1,4	0,6	85
Triple vitrage peu émissif, lame argon, cadre PVC	1,1	0,45	85

Table 11 – Propriétés des vitrages utilisés des maisons I-DM, I-BB et RT 2005

	Vitrage extérieur	Vitrage intérieur
Épaisseur	0,04	0,04
Transmission du rayonnement solaire en incidence normale	0,842	0,588
Réflexion solaire en incidence normal côté intérieur	0,076	0,312
Réflexion solaire en incidence normal côté extérieur	0,076	0,246
Transmission optique à incidence normale	0,9	0,889
Réflexion visible en incidence normal côté intérieur	0,082	0,048
réflexion visible en incidence normal côté extérieur	0,082	0,055
Transmission infrarouge en incidence normale	0	0
Émissivité infrarouge hémisphérique côté intérieur	0,837	0,037
Émissivité infrarouge hémisphérique côté extérieur	0,837	0,837
Conductivité [W/(m.K)]	1	1

Table 12 – Propriétés physique des fenêtres double vitrage des maisons I-DM, I-BB et RT 2005

CHAPITRE 3

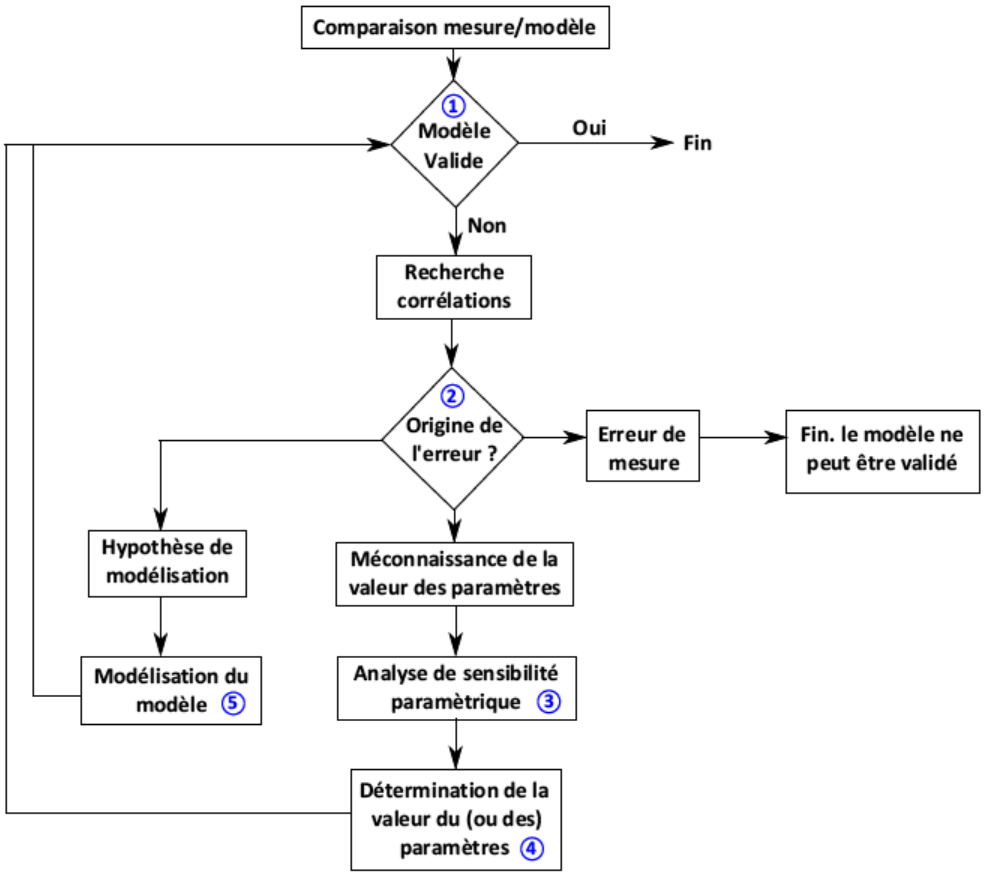
La validation des modèles numériques des maisons INCAS

Dans ce chapitre, on s'intéressera à la validation des modèles thermiques. Les validations dont EnergyPlus a fait l'objet, outil choisi dans ces travaux, seront présentées.
Dans notre cas, nous nous sommes intéressés à valider les modèles des maisons
I-DM et I-BB de la plateforme INCAS. Pour permettre une comparaison entre l'expérimentation et la modélisation tout en tenant compte des incertitudes, les hypothèses de modélisation ont été présentées et un fichier météo du site a été créé.

Pages N° 69 / 171

	CHAPITRE 3 **La validation des modèles numériques des maisons INCAS** Dans ce chapitre, on s'intéressera à la validation des modèles thermiques. Les validations dont EnergyPlus a fait l'objet, outil choisi dans ces travaux, seront présentées. Dans notre cas, nous nous sommes intéressés à valider les modèles des maisons I-DM et I-BB de la plateforme INCAS. Pour permettre une comparaison entre l'expérimentation et la modélisation tout en tenant compte des incertitudes, les hypothèses de modélisation ont été présentées et un fichier météo du site a été créé.
EnergyPlus	Fera l'objet d'un tiré à part

	3.1 Validation des modèles thermiques La validation d'un code de simulation est une étape importante pour un outil de simulation. Trois étapes sont généralement nécessaires : – une vérification analytique – une comparaison inter-logiciels – une validation expérimentale Une étape de la validation consiste à définir des variables qui pourront être comparées entre les résultats numériques et les résultats expérimentaux. La différence entre les mesures et les résultats numériques, nommée résidus, doit être minimisée. T.A. Mara (2000) [39] a travaillé durant sa thèse sur la validation du logiciel CODYRUN permettant la simulation thermo aéraulique du bâtiment. La figure 3.1 présente la méthodologie qu'il a mis en place. Les principales étapes sont : 1. Comparaison entre la mesure et le modèle et si le résidu est compris dans l'intervalle d'incertitude de la mesure, le modèle est jugé valide. 2. Si le modèle n'est pas valide, les entrées corrélées au résidu sont recherchées en utilisant l'analyse temps-fréquence : si une erreur de mesure est identifiée la validation n'est pas possible. 3. Si la mauvaise prise en compte de l'entrée identifiée à l'étape précédente est due à la méconnaissance de la valeur d'un (ou plusieurs) paramètre(s), l'analyse de sensibilité paramétrique du modèle est effectuée. 4. Une fois les paramètres les plus influents déterminés, l'effet du paramètre le plus influent sur la sortie étudiée est corrélé au résidu. 5. La valeur de ce(s) dernier(s) est modifiée jusqu'à ce que le nouveau résidu obtenu ne soit plus corrélé à l'effet du (ou des) paramètre(s) identifié(s) à l'étape précédente.
EnergyPlus	Fera l'objet d'un tiré à part
CODYRUN	Fera l'objet d'un tiré à part


Comparaison mesure/modèle
① Modèle Valide
Oui
Fin
Non
Recherche corrélations
② Origine de l'erreur ?
Erreur de mesure
Fin. le modèle ne peut être validé
Hypothèse de modélisation
Méconnaissance de la valeur des paramètres
Modélisation du modèle ⑤
Analyse de sensibilité paramètrique ③
Détermination de la valeur du (ou des) paramètres ④

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

CHAPITRE 4

Simulations et étude des paramètres influents des maisons INCAS

Ce chapitre présente la méthodologie qui a été mise en place pour évaluer les incertitudes associées aux prévisions. Elle sera appliquée au besoin de chauffage pour trois bâtiments ainsi qu'à la température d'air de la maison I-DM. Trois méthodes d'analyses de sensibilité seront appliquées, l'analyse de sensibilité locale, l'analyse d'incertitude et l'analyse de sensibilité globale.

Chapitre 4 : Simulations et étude des paramètres influents des maisons INCAS

4.1 Démarche d'évaluation des incertitudes

Aujourd'hui, l'utilisation de la simulation numérique des bâtiments permet d'obtenir une prédiction de la consommation énergétique. Ces simulations numériques mettent en jeu un grand nombre de paramètres sujets à de nombreuses incertitudes comme vu dans le chapitre précédent. Ces incertitudes peuvent être dues soit à une mauvaise connaissance du paramètre d'entrée soit à une mauvaise prise en compte du phénomène physique. Or ces incertitudes peuvent jouer un rôle non négligeable sur la prédiction finale et donc sur le processus de décision.

Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment on été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

<table>
<tr>
<td>
UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
THÈSE
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
Clara SPITZ
Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments</td>
<td>[…]

Dans ces travaux afin d'évaluer et de hiérarchiser les incertitudes sur les résultats des simulations en phase de conception, la démarche qui a été mise en place consiste en trois étapes et a été appliquée à deux cas d'études :

1. L'analyse de sensibilité locale consiste à identifier parmi l'ensemble des paramètres du modèle ceux qui ont une influence sur le résultat qui nous intéresse. Cette méthode a été utilisée car elle est simple à mettre en place et permet de connaître le signe de l'effet du paramètre sur la sortie du modèle. C'est la méthode de perturbation d'un paramètre à la fois qui a été utilisée et la valeur de la perturbation est égale à 1% de la valeur nominale du paramètre.

2. L'analyse d'incertitude consiste à évaluer les incertitudes associées aux paramètres les plus influents afin de propager cette incertitude dans le code de calcul et évaluer l'incertitude sur le résultat. Cette étape est effectuée au moyen de l'approche probabiliste de Monte Carlo avec laquelle 2000 simulations sont effectuées pour obtenir un résultat fiable.

3. L'analyse de sensibilité globale consiste à évaluer la responsabilité de chacun des paramètres sur les incertitudes associées au résultat. La méthode FAST puis SOBOL a été utilisée. Ces deux méthodes se basent sur l'étude de la variance consistant à déterminer quelle part de la variance de la réponse est due à la variation de chaque paramètre. La méthode FAST est plus précise que celle de SOBOL [42] mais elle n'a pu être utilisée dans les deux cas d'études en raison de problèmes numériques.</td>
</tr>
<tr>
<td>Discussion[s]</td>
<td>- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?</td>
</tr>
<tr>
<td>Métrologie</td>
<td>- Comment on été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?</td>
</tr>
</table>

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

4.2 Cas 1 : Incertitude sur les besoins en chauffage et le confort dans trois bâtiments

Dans le premier cas d'étude, on s'est intéressé à trois bâtiments et aux sorties numériques du besoin de chauffage et du confort d'été et dans le deuxième cas, l'étude a porté sur la température d'air de la maison I-DM.

4.2.1.2 Scénarios

Nous avons considéré des profils fixes de charges internes pour les trois bâtiments correspondant à une famille de 4 personnes ayant des appareils économes en énergie.

Le tableau 4.1 représente les charges internes dues à l'électroménager et la figure 4.2 représente le scénario de puissance dissipée en fonction de l'heure et de la journée de la semaine. Le tableau 4.2 représente les puissances dissipées par les occupants
et la figure 4.3 représente le scénario d'occupation.

Zone	Équipement	Apport [W]	Fréquence
chambre	éclairage	20	par chambre
salle de Bain	éclairage	20	par chambre
	lave linge	500	3 fois par semaine
cuisine	réfrigérateur	40	constant
	électroménager cuisine matin	500	1h matin
	électroménager cuisine journée	1000	1h midi et soir
	lave vaisselle	500	3 fois par semaine
séjour	éclairage	40	constant
	box Internet	10	constant
	ordinateur	50	constant
	TV	50	constant

Table 4.1 – Tableau des charges internes dues à l'électroménager

Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment on été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

Chapitre 4 : Simulations et étude des paramètres influents des maisons INCAS

Les trois bâtiments étudiés ont des modes constructifs et des performances thermiques différentes. On va maintenant rechercher quels sont les paramètres les plus influents sur le besoin de chauffage et le confort d'été dans ces différents bâtiments.

4.2.2.2 Paramètres étudiés

Nous avons étudié un à un l'influence des mêmes paramètres sur le comportement des trois maisons I-DM, I-BB et RT 2005. Les paramètres considérés sont :

– la conductivité, l'épaisseur, la masse volumique, la chaleur spécifique des matériaux opaques
– pour les enduits intérieurs et extérieurs l'absorptivité et l'émissivité
– pour les matériaux translucides les propriétés physiques des vitrages : transmission, réflexion, épaisseur, conductivité....
– les caractéristiques des volets : épaisseur, transmission, réflexion, conductivité, émissivité, distance entre le volet et le vitrage
– la résistance thermique de la porte d'entrée
– les débits de ventilation et d'infiltration
– les coefficients de convection : vertical, horizontal intérieur comme extérieur
– l'albédo
– l'angle du bâtiment par rapport au Nord
– pour les maisons I-DM et I-BB
– la répartition du débit de ventilation entre les zones du rez-de-chaussée et de l'étage
– l'efficacité de l'échangeur

Le nombre de paramètres considérés pour chaque maison est :

– 142 paramètres pour la I-DM
– 146 paramètres pour la I-BB
– 117 paramètres pour la maison RT 2005

L'étude s'est portée sur le besoin de chauffage et le degré d'heure d'inconfort.

Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment on été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

4.2 Cas 1 : Incertitude sur les besoins en chauffage et le confort dans trois bâtiments

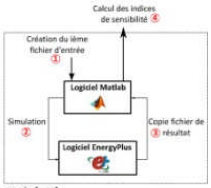

Calcul des indices de sensibilité ④
Création du ième fichier d'entrée ①
Logiciel Matlab
Simulation ②
Copie fichier de ③ résultat
Logiciel EnergyPlus
pour i = 1 : p+1
p = nombre de paramètre

Figure 4.6 – Étape pour obtenir les résultats de l'analyse de sensibilité locale

1. Création du fichier d'entrée : les fichiers d'entrées d'EnergyPlus sont des fichiers textes caractérisés par l'extension « .idf ». Un seul fichier est créé dans lequel chaque valeur de paramètre étudié est remplacée par une chaîne de caractères caractéristique, l'outil Matlab remplace ces chaînes de caractères par l'ensemble des valeurs prédéfinies pour la configuration i.
2. Simulation : EnergyPlus effectue la simulation en considérant le fichier idf créé à l'étape 1.
3. Récupération des résultats : EnergyPlus crée un fichier csv de résultat, à cette étape on stocke les résultats.
   Ces trois premières étapes sont répétées en fonction du nombre de paramètres considérés dans l'analyse de sensibilité locale.
4. Calcul des indices de sensibilité : à l'aide de Matlab on extrait les résultats pour chaque simulation et on calcule les indices de sensibilité locale.

4.2.2.4 Résultats de l'analyse de sensibilité locale

Les résultats sont représentés sur les figures 4.8 à 4.13 sur chaque figure est représenté le résultat de l'indice de sensibilité des 26 paramètres les plus influents pour le besoin de chauffage ou les degrés heures d'inconfort pour chaque maison. Les paramètres sont triés par ordre décroissant selon leur valeur absolue d'indice de sensibilité. Le signe de l'indice de sensibilité renseigne sur l'effet du paramètre sur la sortie. Si l'indice de sensibilité est positif, le fait de perturber le paramètre de $\Delta X_i = 1\%$ augmente la sortie du modèle. Si l'indice de sensibilité est négatif, le fait de perturber le paramètre de $\Delta X_i = 1\%$ diminue la sortie du modèle, chaque paramètre étant représenté par une couleur et un numéro de classement.

Pour différencier les groupes de paramètres un code couleur a été mis en place. Le code couleur est représenté sur la figure 4.7. Les couleurs bleues représentent

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

Figure 4.7 – Code couleur pour les paramètres pour l'analyse de sensibilité locale

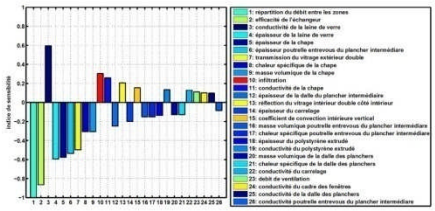


Figure 4.8 – Résultat de l'analyse de sensibilité locale pour le besoin de chauffage pour la maison I-DM

les paramètres de la structure, les couleurs jaunes des fenêtres, les vertes des systèmes énergétiques, le rouge les défauts d'étanchéité, les oranges les coefficients de convection et les grises l'albédo et autres. L'indice de sensibilité locale renseigne sur l'influence du paramètre à la sortie du modèle et permet de classer les paramètres par ordre d'influence. Pour normaliser les valeurs des indices entre -1 et 1, le calcul suivant a été effectué :

$$S_i(t) = \frac{X_i^{\frac{\Delta y_i(t)}{\Delta X_i}}}{S_{max}(t)} \qquad (4.1)$$

Étude sur le besoin de chauffage : Les figures 4.8, 4.9 et 4.10 présentent les résultats des paramètres influents pour les besoins de chauffage pour les trois bâtiments.

Maison I-DM : figures 4.8 Pour le besoin de chauffage de la maison I-DM, les familles des paramètres les plus influents sont :

Figure 4.6 – Étape pour obtenir les résultats de l'analyse de sensibilité locale

1. Création du fichier d'entrée : les fichiers d'entrées d'EnergyPlus sont des fichiers textes caractérisés par l'extension « .idf ». Un seul fichier est créé dans lequel chaque valeur de paramètre étudié est remplacée par une chaîne de caractères caractéristique, l'outil Matlab remplace ces chaînes de caractères par l'ensemble des valeurs prédéfinies pour la configuration i.
2. Simulation : EnergyPlus effectue la simulation en considérant le fichier idf créé à l'étape 1.
3. Récupération des résultats : EnergyPlus crée un fichier csv de résultat, à cette étape on stocke les résultats.
Ces trois premières étapes sont répétées en fonction du nombre de paramètres considérés dans l'analyse de sensibilité locale.
4. Calcul des indices de sensibilité : à l'aide de Matlab on extrait les résultats pour chaque simulation et on calcule les indices de sensibilité locale.

Résultats de l'analyse de sensibilité locale

Les résultats sont représentés sur les figures 4.8 à 4.13 sur chaque figure est représenté le résultat de l'indice de sensibilité des 26 paramètres les plus influents pour le besoin de chauffage ou les degrés heures d'inconfort pour chaque maison.

Les paramètres sont triés par ordre décroissant selon leur valeur absolue d'indice de sensibilité. Le signe de l'indice de sensibilité renseigne sur l'effet du paramètre sur la sortie. Si l'indice de sensibilité est positif, le fait de perturber le paramètre de *Xi* = 1% augmente la sortie du modèle. Si l'indice de sensibilité est négatif, le fait de perturber le paramètre de *Xi* = 1% diminue la sortie du modèle, chaque paramètre étant représenté par une couleur et un numéro de classement.

Discussion[s]

- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?

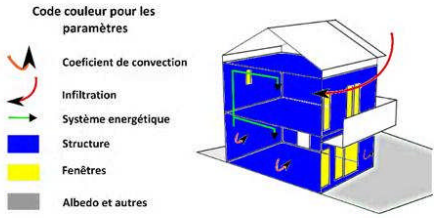


Figure 4.7 – Code couleur pour les paramètres pour l'analyse de sensibilité locale

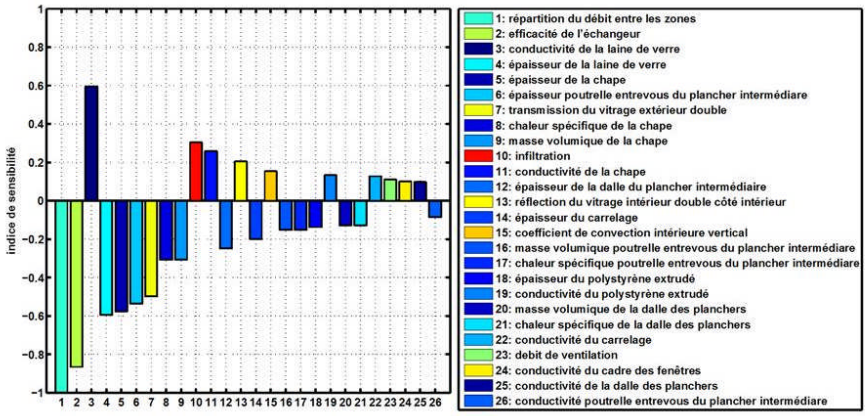

indice de sensibilité
1: répartition du débit entre les zones
2: efficacité de l'échangeur
3: conductivité de la laine de verre
4: épaisseur de la laine de verre
5: épaisseur de la chape
6: épaisseur poutrelle entrevous du plancher intermédiare
7: transmission du vitrage extérieur double
8: chaleur spécifique de la chape
9: masse volumique de la chape
10: infiltration
11: conductivité de la chape
12: épaisseur de la dalle du plancher intermédiaire
13: réflection du vitrage intérieur double côté intérieur
14: épaisseur du carrelage
15: coefficient de convection intérieure vertical
16: masse volumique poutrelle entrevous du plancher intermédiare
17: chaleur spécifique poutrelle entrevous du plancher intermédiare
18: épaisseur du polystyrène extrudé
19: conductivité du polystyrène extrudé
20: masse volumique de la dalle des planchers
21: chaleur spécifique de la dalle des planchers
22: conductivité du carrelage
23: debit de ventilation
24: conductivité du cadre des fenêtres
25: conductivité de la dalle des planchers
26: conductivité poutrelle entrevous du plancher intermédiare

Figure 4.8 – Résultat de l'analyse de sensibilité locale pour le besoin de chauffage pour la maison I-DM

les paramètres de la structure, les couleurs jaunes des fenêtres, les vertes des systèmes énergétiques, le rouge les défauts d'étanchéité, les oranges les coefficients de convection et les grises l'albédo et autres. L'indice de sensibilité locale renseigne sur l'influence du paramètre à la sortie du modèle et permet de classer les paramètres par ordre d'influence. Pour normaliser les valeurs des indices entre -1 et 1, le calcul suivant a été effectué :

$$S_i(t) = \frac{X_i \frac{\Delta y_k(t)}{\Delta X_i}}{S_{max}(t)} \tag{4.1}$$

Étude sur le besoin de chauffage : Les figures 4.8, 4.9 et 4.10 présentent les résultats des paramètres influents pour les besoins de chauffage pour les trois bâtiments.

Maison I-DM : figures 4.8 Pour le besoin de chauffage de la maison I-DM, les familles des paramètres les plus influents sont :

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

4.2 Cas 1 : Incertitude sur les besoins en chauffage et le confort dans trois bâtiments

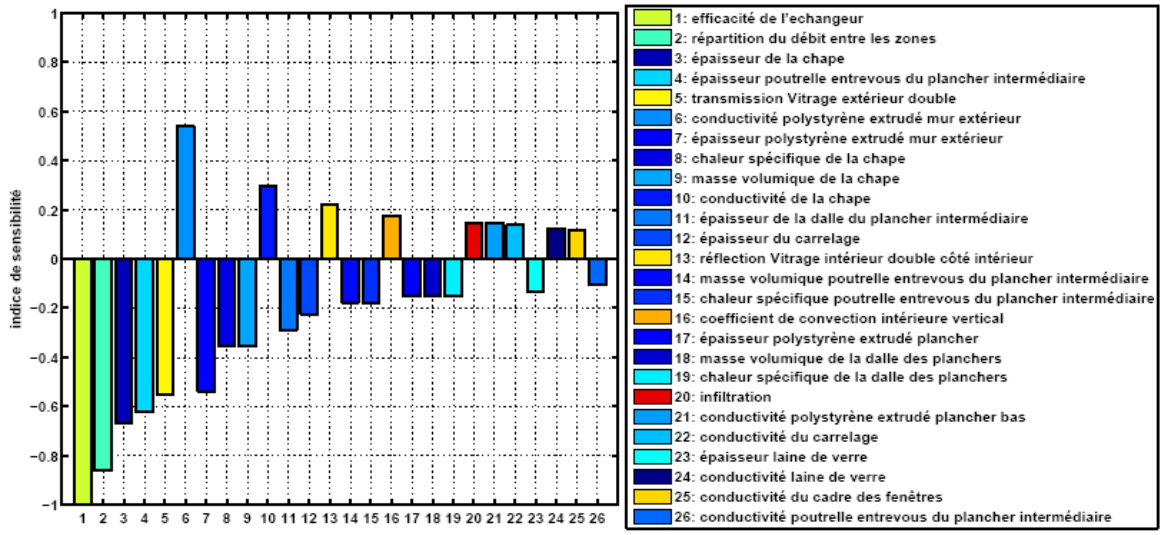

indice de sensibilité
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
−1
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26
1: efficacité de l'echangeur
2: répartition du débit entre les zones
3: épaisseur de la chape
4: épaisseur poutrelle entrevous du plancher intermédiaire
5: transmission Vitrage extérieur double
6: conductivité polystyrène extrudé mur extérieur
7: épaisseur polystyrène extrudé mur extérieur
8: chaleur spécifique de la chape
9: masse volumique de la chape
10: conductivité de la chape
11: épaisseur de la dalle du plancher intermédiaire
12: épaisseur du carrelage
13: réflection Vitrage intérieur double côté intérieur
14: masse volumique poutrelle entrevous du plancher intermédiaire
15: chaleur spécifique poutrelle entrevous du plancher intermédiaire
16: coefficient de convection intérieure vertical
17: épaisseur polystyrène extrudé plancher
18: masse volumique de la dalle des planchers
19: chaleur spécifique de la dalle des planchers
20: infiltration
21: conductivité polystyrène extrudé plancher bas
22: conductivité du carrelage
23: épaisseur laine de verre
24: conductivité laine de verre
25: conductivité du cadre des fenêtres
26: conductivité poutrelle entrevous du plancher intermédiaire

Figure 4.9 – Résultat de l'analyse de sensibilité locale pour le besoin de chauffage pour la maison I-BB

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

2.2 La problématique des incertitudes sur l'exemple de la plateforme d'expérimentation

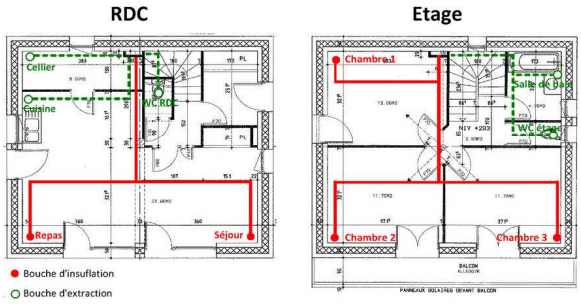


Figure 2.19 – Réseau de ventilation

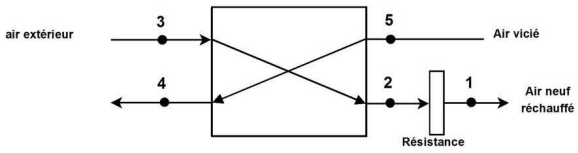


Figure 2.20 – Schéma de l'échangeur

53

Echangeurs	Dans le cas des maisons I-DM et I-BB, une meilleure connaissance des paramètres de l'efficacité de l'échangeur, du débit de ventilation et du débit d'infiltration permettrait de réduire l'incertitude sur le résultat de simulation et permettrait ainsi de pouvoir effectuer un diagnostic énergétique plus fiable et une analyse de dysfonctionnement.

Système énergétique Le système énergétique de la maison a été modélisé finement à l'aide d'EnergyPlus. Il est composé d'un échangeur, d'une résistance électrique de 1150Wet de 2 ventilateurs : l'un pour l'extraction et l'autre pour l'insufflation. La répartition des débits injectés entre le RDC et l'étage peut être modulée et nous avons forcé un transfert d'air entre le RDC et l'étage. La figure 3.4 représente le système modélisé. Les débits dans la maison doivent être équilibrés, c'est à dire conservation des débits massiques en entrée et en sortie. Il n'y a pas de système de refroidissement. En annexe I, la description du modèle est faite avec la description

des nœuds et des systèmes utilisés pour la modélisation. La consigne de chauffage est régulée par la zone du RDC.

Efficacité de la ventilation double flux Le rendement de la ventilation double flux est indiqué par le constructeur égal à 0,92. Cette valeur considère un rendement maximum pour des conditions particulières. Dans la modélisation, nous n'avons pas considéré le rendement mais une efficacité de 0,9 comme définie dans la partie 2.2.4 à l'aide de la mesure. L'incertitude liée à cette valeur sera par la suite prise en compte.

Puissance de la résistance Le constructeur indique que la puissance de la résistance électrique installée dans les maisons est de 1200W. On mesure pour la I-DM une puissance d'environ 1130W tandis que pour la I-BB 1190W. On considère l'hypothèse que les résistances installées sont identiques mais que la mesure effectuée dans les maisons comporte des incertitudes. Pour la modélisation des deux maisons, on considère la même puissance de résistance de 1150W avec un rendement égal à 1. Cette valeur comporte une incertitude que l'on considérera par la suite.

Débit de ventilation Le débit de ventilation réglementaire imposé pour les maisons INCAS est égal à 135m3/h. D'après les mesures effectuées dans la maison I-DM à l'aide des débitmètres durant les mois de février et de mars, on a considéré un débit égal à 135m3/h en période normale et de 80m3/h en période hors gel. En période normale, nous avons considéré un débit soufflé au RDC égal à 73m3/h et à l'étage de 62m3/h et un débit de 15m3/h a été considéré entre les deux niveaux allant du RDC vers l'étage. Dans la modélisation, il est nécessaire d'avoir un débit soufflé égal au débit aspiré ce qui explique que l'air aspiré à l'étage est plus important qu'au RDC. Les mêmes rapports de répartition du débit ont été considérés en période hors gel et les mêmes débits ont été considérés pour les deux maisons.

Modèle numérique L'algorithme utilisé est celui des fonctions de transfert [3] qui utilise deux équations qui définissent le flux intérieur et extérieur en fonction de la température de surface intérieure et extérieure au pas de temps présent et au pas de temps précédent. Les fonctions de transfert sont particulièrement adaptées et fiables pour les transferts thermiques.

Coefficients de convection Dans EnergyPlus, il y a plusieurs choix pour la modélisation des coefficients de convection. Nous avons considéré l'algorithme TARP proposé par l'ASHRAE pour l'extérieur et l'intérieur [3] qui a été créé par Walton (1983). EnergyPlus propose quatre corrélations pour les surfaces intérieures et six pour les extérieures ce qui reflète les incertitudes sur ce paramètre.

Pages N ° x et suivantes

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

Chapitre 4 : Simulations et étude des paramètres influents des maisons INCAS

4.2.1.2 Scénarios

Nous avons considéré des profils fixes de charges internes pour les trois bâtiments correspondant à une famille de 4 personnes ayant des appareils économes en énergie.

Le tableau 4.1 représente les charges internes dues à l'électroménager et la figure 4.2 représente le scénario de puissance dissipée en fonction de l'heure et de la journée de la semaine.

Le tableau 4.2 représente les puissances dissipées par les occupants et la figure 4.3 représente le scénario d'occupation.

Zone	Équipement	Apport [W]	Fréquence
chambre	éclairage	20	par chambre
salle de Bain	éclairage	20	par chambre
	lave linge	500	3 fois par semaine
cuisine	réfrigérateur	40	constant
	électroménager cuisine matin	500	1h matin
	électroménager cuisine journée	1000	1h midi et soir
	lave vaisselle	500	3 fois par semaine
séjour	éclairage	40	constant
	box Internet	10	constant
	ordinateur	50	constant
	TV	50	constant

Table 4.1 – Tableau des charges internes dues à l'électroménager

Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment on été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

Zone	Équipement	Apport [W]	Fréquence
chambre	éclairage	20	par chambre
salle de Bain	éclairage	20	par chambre
	lave linge	500	3 fois par semaine
cuisine	réfrigérateur	40	constant
	électroménager cuisine matin	500	1h matin
	électroménager cuisine journée	1000	1h midi et soir
	lave vaisselle	500	3 fois par semaine
séjour	éclairage	40	constant
	box Internet	10	constant
	ordinateur	50	constant
	TV	50	constant

Table 4.1 – Tableau des charges internes dues à l'électroménager

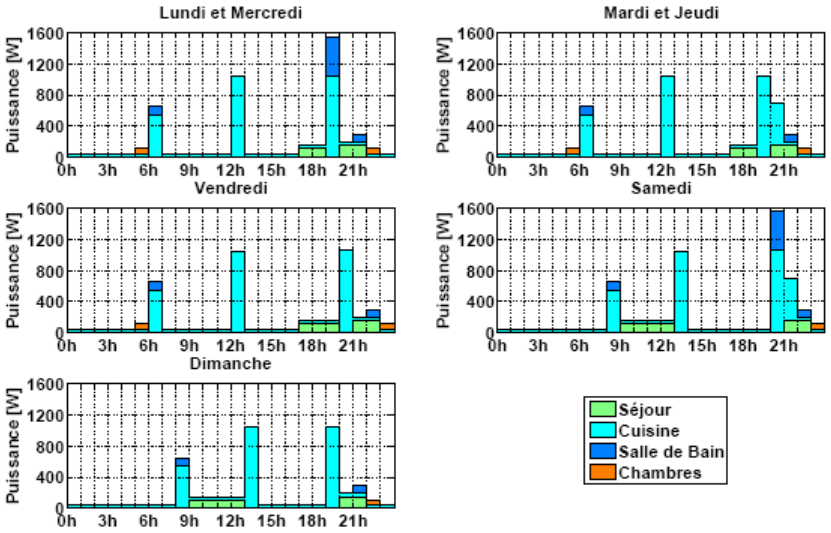


Figure 4.2 – Scénario de dégagement des charges internes dues à l'électroménager

Activité métabolique	Zone	Puissance [W/personne]
Repos couché	Chambre	80
Repos assis	cuisine	120
	séjour	120
Activité légère debout	salle de bain	160

Table 4.2 – Tableau des charges internes dues aux occupants

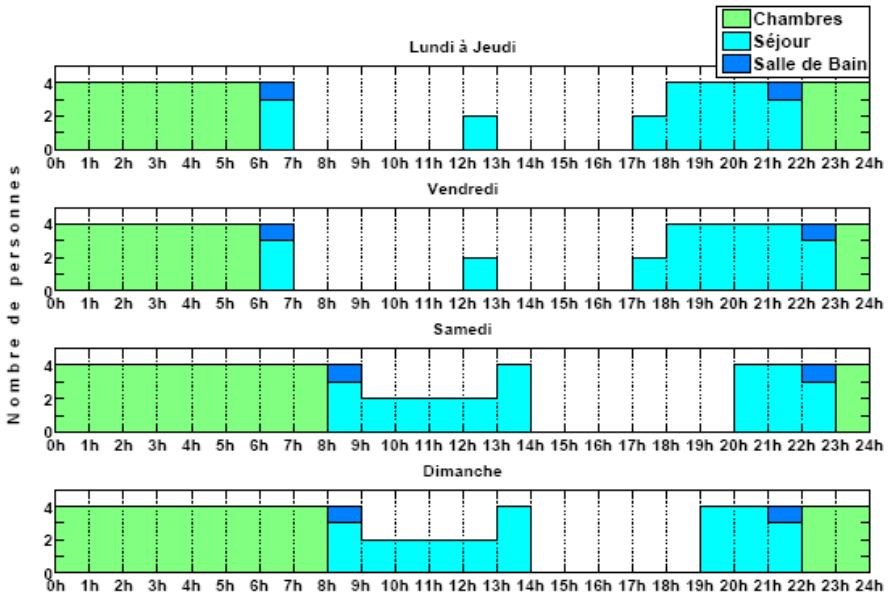

Chambres
Séjour
Salle de Bain
Lundi à Jeudi
Vendredi
Samedi
Dimanche
Nombre de personnes
0h 1h 2h 3h 4h 5h 6h 7h 8h 9h 10h 11h 12h 13h 14h 15h 16h 17h 18h 19h 20h 21h 22h 23h 24h

Figure 4.3 – Scénario d'occupation

Page 122

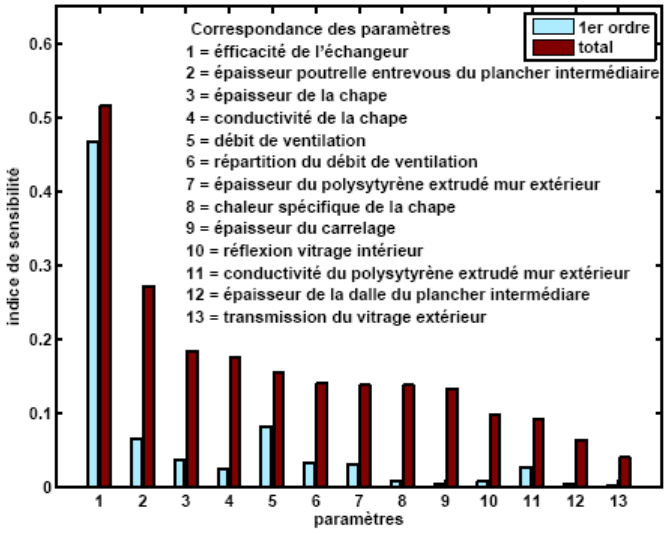

Correspondance des paramètres
1 = éfficacité de l'échangeur
2 = épaisseur poutrelle entrevous du plancher intermédiaire
3 = épaisseur de la chape
4 = conductivité de la chape
5 = débit de ventilation
6 = répartition du débit de ventilation
7 = épaisseur du polysytyrène extrudé mur extérieur
8 = chaleur spécifique de la chape
9 = épaisseur du carrelage
10 = réflexion vitrage intérieur
11 = conductivité du polysytyrène extrudé mur extérieur
12 = épaisseur de la dalle du plancher intermédiare
13 = transmission du vitrage extérieur
1er ordre
total
indice de sensibilité
paramètres

Figure 4.20 – Résultat de l'analyse de sensibilité globale pour le besoin de chauffage pour la maison I-BB

Page 122

Pages N ° 70-71 / 171 :

<table>
<tr>
<td>
UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
THÈSE
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
Clara SPITZ
Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments</td>
<td>Chapitre 3 : La validation des modèles numériques des maisons INCAS

Le chapitre 1 a mis en avant la simulation thermique dynamique qui a une importance croissante dans la conception de bâtiments de plus en plus performants tout en mettant en exergue les limites de cette approche quand à sa fiabilité et aux nombreuses incertitudes liées au bâtiment et aux modèles numériques. Avant de détailler la méthodologie proposée pour déterminer les paramètres les plus influents et propager les incertitudes dans le chapitre suivant, il est nécessaire de valider le modèle numérique utilisé des maisons INCAS ce qui est l'objectif de ce chapitre.

3.1 Validation des modèles thermiques
La validation d'un code de simulation est une étape importante pour un outil de simulation. Trois étapes sont généralement nécessaires :
– une vérification analytique
– une comparaison inter-logiciels
– une validation expérimentale</td>
</tr>
<tr><td>Discussion[s]</td><td>- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?</td></tr>
<tr><td>Métrologie</td><td>- Comment on été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?</td></tr>
</table>

Une étape de la validation consiste à définir des variables qui pourront être comparées entre les résultats numériques et les résultats expérimentaux. La différence entre les mesures et les résultats numériques, nommée résidus, doit être minimisée. T.A. Mara (2000) [39] a travaillé durant sa thèse sur la validation du logiciel CODYRUN permettant la simulation thermo aéraulique du bâtiment. La figure 3.1 présente la méthodologie qu'il a mis en place. Les principales étapes sont :

1. Comparaison entre la mesure et le modèle et si le résidu est compris dans l'intervalle d'incertitude de la mesure, le modèle est jugé valide.
2. Si le modèle n'est pas valide, les entrées corrélées au résidu sont recherchées en utilisant l'analyse temps-fréquence : si une erreur de mesure est identifiée la validation n'est pas possible.
3. Si la mauvaise prise en compte de l'entrée identifiée à l'étape précédente est due à la méconnaissance de la valeur d'un (ou plusieurs) paramètre(s), l'analyse de sensibilité paramétrique du modèle est effectuée.
4. Une fois les paramètres les plus influents déterminés, l'effet du paramètre le plus influent sur la sortie étudiée est corrélé au résidu.
5. La valeur de ce(s) dernier(s) est modifiée jusqu'à ce que le nouveau résidu obtenu ne soit plus corrélé à l'effet du (ou des) paramètre(s) identifié(s) à l'étape précédente.

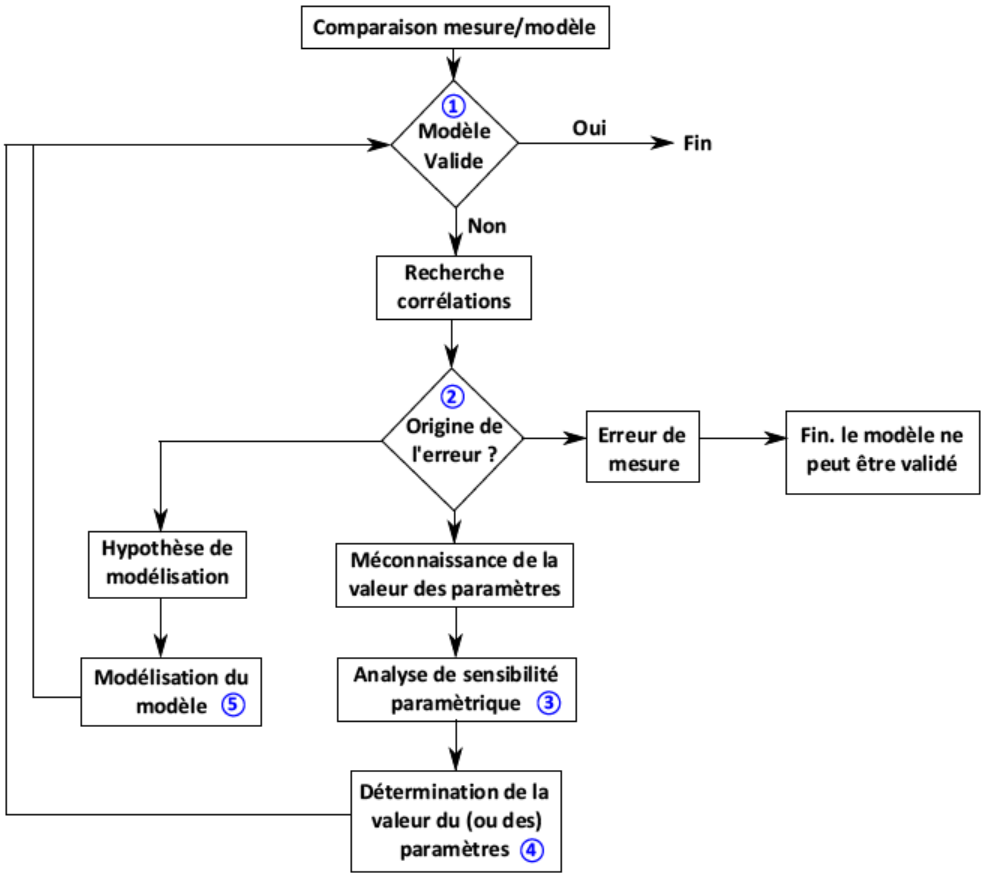


Figure 3.1 – Méthodologie de la validation expérimentale (extrait de Mara, 2000 [39])

Page N ° 72 /171 :

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Clara SPITZ

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

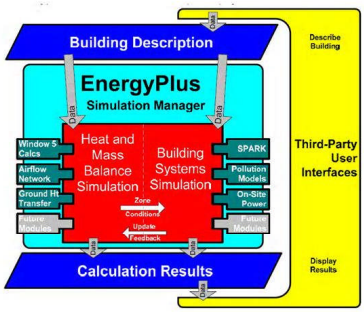


Figure 3.2 – EnergyPlus (extrait du manuel d'utilisateur d'EnergyPlus [4])

ment avec une nouvelle version disponible tous les 6 mois. Il peut être utilisé par des ingénieurs, des architectes et des chercheurs et c'est le département de l'énergie des États Unis (DOE) qui finance cet outil, le LBNL [2] coordonnant le développement. Il est disponible librement sur le site du département de l'énergie.

EnergyPlus permet de modéliser le chauffage, le refroidissement, l'éclairage, la ventilation et de nombreux autres flux d'énergie. Il permet d'effectuer les simulations à un pas de temps inférieur à l'heure, de modéliser des systèmes énergétiques complexes, d'analyser le confort thermique, de traiter du multizone, de gérer la ventilation naturelle et il peut être couplé à d'autres outils comme WINDOW5 ou Dymola.

EnergyPlus est uniquement un moteur de calcul sans interface graphique conviviale. Des outils se sont développés utilisant le moteur de calcul d'EnergyPlus mais avec leur propre interface graphique comme par exemple l'outil DesignBuilder. DesignBuilder permet la saisie graphique d'un modèle, la gestion de ses bases de données (matériaux, vitres, plannings d'activité, etc.) et gère de façon transparente la liaison au moteur de calcul jusqu'à la restitution des résultats sous forme graphique ou tableur.

Le langage de programmation des outils DOE-2 et BLAST était le FORTRAN. Les développeurs d'EnergyPlus ont souhaité réaliser un outil modulaire et qui puisse être en continuel développement. Ils ont choisi le langage de programmation FORTRAN 90. La figure 3.2 décrit l'ensemble de l'environnement ainsi que les programmes couplés à EnergyPlus.

2. LBNL : Lawrence Berkeley National Laboratory

Discussion[s]	- Quelles méthodologies et quels outils de simulations/vérifications ont été utilisés ?
Métrologie	- Comment on été collectés et renseignés les paramètres de la simulation aboutissant à un gain énergétique de 35% ?

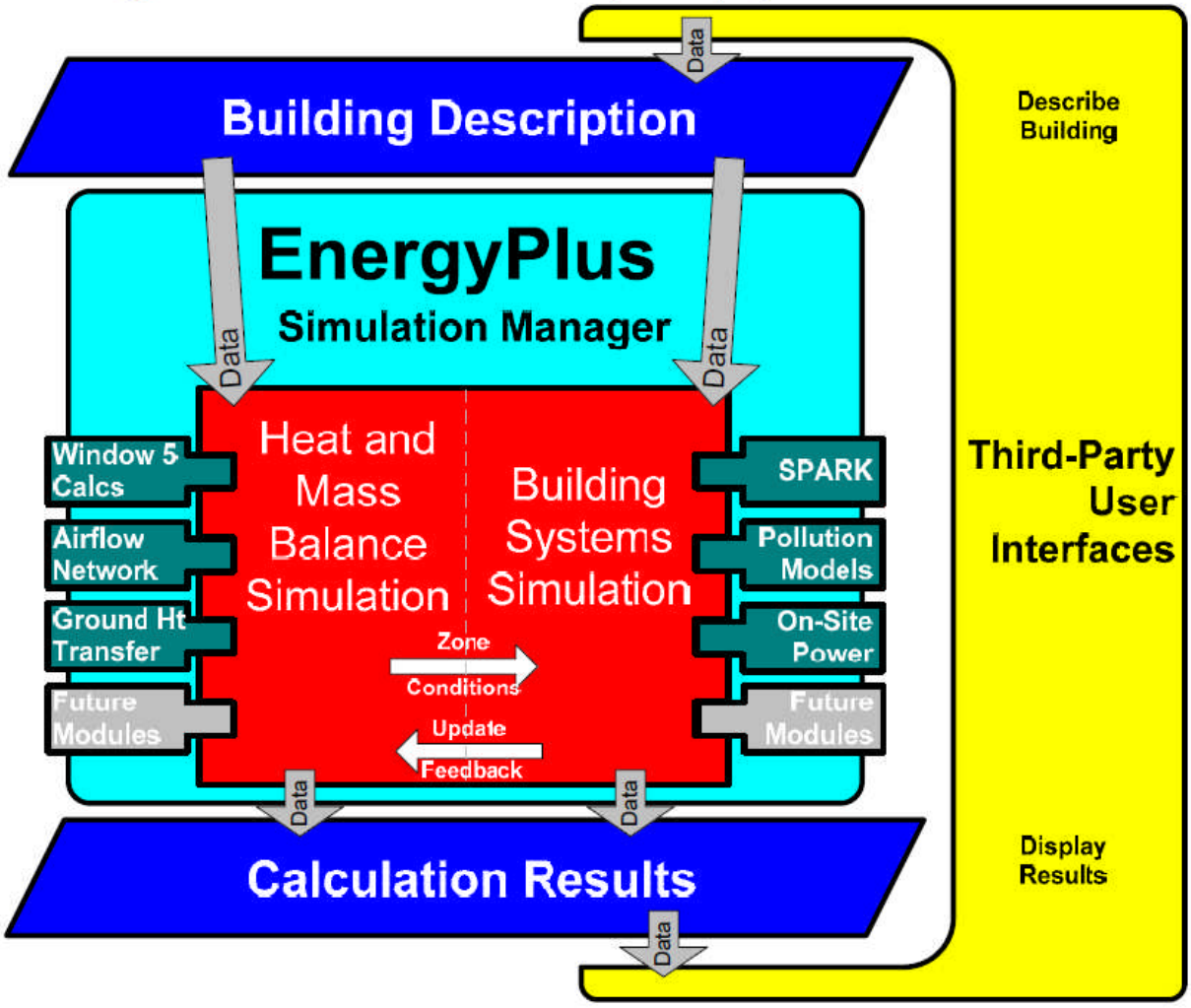


Figure 3.2 – EnergyPlus (extrait du manuel d'utilisateur d'EnergyPlus

3.2 Description de l'outil numérique : EnergyPlus

3.2.1 Description d'EnergyPlus

L'outil de simulation choisi pour l'étude de fiabilité est EnergyPlus version 6 (Crawley et al., 2001 [16]). Il s'agit d'un outil de simulation dynamique permettant de prévoir le comportement énergétique de bâtiments. EnergyPlus se base sur les outilsBLAST1 et DOE-2, qui ont été développés dans les années 80 et reste en développe- ment avec une nouvelle version disponible tous les 6 mois. Il peut être utilisé par des ingénieurs, des architectes et des chercheurs et c'est le département de l'énergie des États Unis (DOE) qui finance cet outil, le LBNL 2 coordonnant le développement.
Il est disponible librement sur le site du département de l'énergie.

EnergyPlus permet de modéliser le chauffage, le refroidissement, l'éclairage, la ventilation et de nombreux autres flux d'énergie. Il permet d'effectuer les simulations à un pas de temps inférieur à l'heure, de modéliser des systèmes énergétiques complexes, d'analyser le confort

thermique, de traiter du multizone, de gérer la ventilation naturelle et il peut être couplé à d'autres outils comme WINDOW5 ou Dymola.

EnergyPlus est uniquement un moteur de calcul sans interface graphique conviviale. Des outils se sont développés utilisant le moteur de calcul d'EnergyPlus mais avec leur propre interface graphique comme par exemple l'outil DesignBuilder. Design-Builder permet la saisie graphique d'un modèle, la gestion de ses bases de données (matériaux, vitres, plannings d'activité, etc.) et gère de façon transparente la liaison au moteur de calcul jusqu'à la restitution des résultats sous forme graphique ou tableur.

Le langage de programmation des outils DOE-2 et BLAST était le FORTRAN. Les développeurs d'EnergyPlus ont souhaité réaliser un outil modulaire et qui puisse être en continuel développement. Ils ont choisi le langage de programmation FORTRAN 90. La figure 3.2 décrit l'ensemble de l'environnement ainsi que les programmes couplés à EnergyPlus.

3.2.2 Validations réalisées sur l'outil

L'outil EnergyPlus a fait l'objet de nombreuses validations. Le site Internet du Département de l'Énergie des États-Unis présente les validations de l'outil Energy-Plus 5.

Des comparaisons entre différents outils de simulation appliqués à la modélisation de bâtiment dont EnergyPlus ont été faites. L'utilisation de la méthode du BESTEST est la plus souvent employée [30]. La tache 34 de l'IEA [33] s'est intéressée à développer une méthode d'analyse pour tester les outils de simulation du bâtiment et EnergyPlus en faisait partie. L'objectif de cette tâche consistait à garantir le fait que les outils de simulation aient été testés et validés expérimentalement pour le cas de bâtiments à faible consommation énergétique. Le département de l'énergie des États-Unis s'est intéressé à tester l'outil EnergyPlus et à rédiger plusieurs rapports [27], [28], [29]. Au sein d'INES, une étude s'est intéressée à la comparaison de plusieurs outils de simulation appliquée à la maison I-DM [9]. Les résultats de l'outil EnergyPlus étaient cohérents avec les autres outils comme illustré figure 1.4. EnergyPlus est un outil de simulation ayant fait l'objet de nombreuses validations et s'applique tout à fait aux bâtiments à basse consommation. Une des données d'entrée nécessaire à une simulation thermique dynamique est un fichier météo complet.

3.2.3 Présentation du fichier météo d'EnergyPlus

Nous avons pu mettre en évidence dans le premier chapitre l'importance des conditions météorologiques sur les différences entre les calculs réalisés en amont de la conception, les consommations réelles et l'incertitude générée par celles-ci. Dans le cadre d'une comparaison avec des mesures expérimentales, la création du fichier météorologique est une étape clé du processus pour maîtriser au mieux les incertitudes qui lui sont liées

Pour effectuer une simulation en régime dynamique, il est nécessaire d'avoir un fichier météo du lieu concerné avec un pas de temps horaire au minimum. Le pas de temps du fichier utilisé aura un impact sur les résultats de la simulation et doit être cohérent avec le pas de temps de la simulation. La période du fichier peut varier mais si l'étude porte sur la période annuelle, le fichier météo doit contenir un an de données. Les principales données nécessaires pour la simulation sont [14] :

– température sèche extérieur (°C)
– température du point de rosée (°C)
– vitesse du vent (m/s)
– direction du vent (°par rapport au nord)
– pression atmosphérique (bar)
– rayonnement net (W/m2)
– rayonnement global horizontal (ou rayonnement diffus horizontal) (W/m2)
– rayonnement direct normal (W/m2)
– si les données de rayonnement solaire ne sont pas disponibles :
– couverture nuageuse et type (%, -)
– nombre d'heure d'ensoleillement (hr)

L'outil le plus connu en Europe pour générer des données météorologiques est Meteonorm. Il contient des bases de données de plus de 7700 stations météo. Il contient également des algorithmes permettant de créer, à partir des valeurs mesurées, des fichiers météo de n'importe quel endroit sur le globe.
Les fichiers météo d'EnergyPlus sont au format «.epw». C'est un format propre à EnergyPlus [15].En annexe G sont représentées les douze premières lignes du fichier météo d'EnergyPlus pour la ville de Chambéry/Aix les Bains. L'annexe H référence les caractéristiques des 32 colonnes contenues dans le fichier météo d'EnergyPlus.
De nombreuses données sont rarement mesurées mais des valeurs par défaut sont considérées.

3.3 Hypothèses de modélisation

Il est impossible de reproduire numériquement à l'identique un bâtiment réel et le choix des hypothèses de modélisation a de l'importance. Les principales hypothèses qui ont été faites pour les maisons INCAS sont classées en trois catégories :

– enveloppe thermique
– système énergétique
– modèle numérique

Division en zones thermiques Le modèle retenu a été considéré avec 4 zones thermiques, 2 zones thermiques chauffées, le RDC et le premier étage et deux zones thermiques tampons qui sont le vide sanitaire et les combles. La figure 3.3 représente les zones thermiques considérées. Deux autres hypothèses auraient été possibles :

– de modéliser chaque pièce par une zone thermique
– de modéliser le RDC et l'étage comme une seule zone

Durant la période étudiée les portes à l'intérieur des maisons étaient ouvertes créant des mouvements d'air entre les pièces difficilement mesurables. Le fait de ne considérer

qu'une seule zone par niveau permet de s'affranchir des incertitudes des débits d'air transférés entre zones/pièces.

Système énergétique Le système énergétique de la maison a été modélisé finement à l'aide d'EnergyPlus. Il est composé d'un échangeur, d'une résistance électrique de 1150Wet de 2 ventilateurs : l'un pour l'extraction et l'autre pour l'insufflation. La répartition des débits injectés entre le RDC et l'étage peut être modulée et nous avons forcé un transfert d'air entre le RDC et l'étage. La figure 3.4 représente le système modélisé. Les débits dans la maison doivent être équilibrés, c'est à dire conservation des débits massiques en entrée et en sortie. Il n'y a pas de système de refroidissement. En annexe I, la description du modèle est faite avec la description des noeuds et des systèmes utilisés pour la modélisation. La consigne de chauffage est régulée par la zone du RDC.

Efficacité de la ventilation double flux Le rendement de la ventilation double flux est indiqué par le constructeur égal à 0,92. Cette valeur considère un rendement maximum pour des conditions particulières. Dans la modélisation, nous n'avons pas considéré le rendement mais une efficacité de 0,9 comme définie dans la partie 2.2.4 à l'aide de la mesure. L'incertitude liée à cette valeur sera par la suite prise en compte.

Puissance de la résistance Le constructeur indique que la puissance de la résistance électrique installée dans les maisons est de 1200W. On mesure pour la I-DM une puissance d'environ 1130W tandis que pour la I-BB 1190W. On considère l'hypothèse que les résistances installées sont identiques mais que la mesure effectuée dans les maisons comporte des incertitudes. Pour la modélisation des deux maisons, on considère la même puissance de résistance de 1150W avec un rendement égal à 1. Cette valeur comporte une incertitude que l'on considérera par la suite.

Débit de ventilation Le débit de ventilation réglementaire imposé pour les maisons INCAS est égal à 135m3/h. D'après les mesures effectuées dans la maison I-DM à l'aide des débitmètres durant les mois de février et de mars, on a considéré un débit égal à 135m3/h en période normale et de 80m3/h en période hors gel. En période normale, nous avons considéré un débit soufflé au RDC égal à 73m3/h et à l'étage de 62m3/h et un débit de 15m3/h a été considéré entre les deux niveaux allant du RDC vers l'étage. Dans la modélisation, il est nécessaire d'avoir un débit soufflé égal au débit aspiré ce qui explique que l'air aspiré à l'étage est plus important qu'au RDC. Les mêmes rapports de répartition du débit ont été considérés en période hors gel et les mêmes débits ont été considérés pour les deux maisons.

Modèle numérique L'algorithme utilisé est celui des fonctions de transfert [3] qui utilise deux équations qui définissent le flux intérieur et extérieur en fonction de la température de surface intérieure et extérieure au pas de temps présent et au pas de temps précédent. Les fonctions de transfert sont particulièrement adaptées et fiables pour les transferts thermiques.

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

Annexe G: Les douze premières lignes du fichier météo d'EnergyPlus

Ligne 1	**LOCATION**,**Chambery/Aix Bains**,-,-,TMY2-74910,,45.65,5.88,0,239.0
Ligne 2	**DESIGN CONDITIONS**,0
Ligne 3	**TYPICAL/EXTREME PERIODS**,6,Summer - Week Nearest Max Temperature For Period,Extreme,7/20,7/26,Summer - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,6/29,7/ 5,Winter - Week Nearest Min Temperature For Period,Extreme,12/22,12/28,Winter - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,12/ 1,12/ 7,Autumn - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,10/20,10/26,Spring - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,4/12,4/18
Ligne 4	**GROUND TEMPERATURES**,3,.5,,,2.40,1.63,3.00,5.14,10.75,15.08, 18.00,18.89,17.37, 14.01,9.52,5.36,2,,,5.24,3.87,4.15,5.29,9.04,12.43,15.15,16.60, 16.29,14.39,11.29,8.01,4,,,7.60,6.19,5.88,6.30,8.43,10.71,12.81,14.27,14.61, 13.78,11.97,9.75
Ligne 5	**HOLIDAYS/DAYLIGHT SAVINGS**,No,0,0,0
Ligne 6	**COMMENTS 1**,TMY2-74910
Ligne 7	**COMMENTS 2**, Ground temps produced with a standard soil diffusivity of 2.3225760E-03 m^2/day
Ligne 8	**DATA PERIODS**,1,1,Data,Sunday, 1/ 1,12/31
Ligne 9	1995,1,1,1,60,E7E7E7E7*0 ?4 ?4 ?4I4I4I4 ?0E7E7E7E7*0*0E7*0*0*0,4.7,3.7,93, 98600,0,0,285,0,0,0,0,0,0,99990,218,1.1,10,5,777.7,77777,9,9999999 ?0,12,0.0000, 0,88
Ligne 10	1995,1,1,2,60,E7E7E7E7*0 ?4 ?4 ?4I4I4I4 ?0E7E7E7E7*0*0E7*0*0*0,4.5,3.6,94, 98600,0,0,285, 0,0,0,0,0,0,99990,252,0.9,10,5,777.7,77777,9,9999999 ?0,12,0.0000, 0,88
Ligne 11	1995,1,1,3,60,E7E7E7E7*0 ?4 ?4 ?4I4I4I4 ?0E7E7E7E7*0*0E7*0*0*0,4.3,3.5,94, 98600,0,0,284, 0,0,0,0,0,0,99990,249,0.7,10,5,777.7,77777,9,9999999 ?0,12,0.0000, 0,88
Ligne 12	1995,1,1,4,60,E7E7E7E7*0 ?4 ?4 ?4I4I4I4 ?0E7E7E7E7*0*0E7*0*0*0,4.2,3.4,95, 98600,0,0,283, 0,0,0,0,0,0,99990,264,0.8,10,5,777.7,77777,9,9999999 ?0,12,0.0000, 0,88

Table 20 – Les douze premières lignes du fichier météo d'EnergyPlus pour Chambéry/Aix les Bains

Cette annexe représente les douze premières lignes du fichier météo d'EnergyPlus pour la ville de Chambéry/Aix les Bains. Les huit premières lignes sont des informations sur la localisation (longitude, latitude, GMT, altitude) , les conditions annuelles, les températures mensuelles du sol, les périodes de vacances et la période considérée dans le fichier (pas de temps, début et fin du fichier). Chaque ligne commence par un mot clé ("LOCATION", "DESIGN CONDITIONS"...). A partir de la ligne 9, c'est les données météorologiques.

Table 20 – Les douze premières lignes du fichier météo d'EnergyPlus pour Chambéry/Aix les Bains

Cette annexe représente les douze premières lignes du fichier météo d'EnergyPlus pour la ville de Chambéry/Aix les Bains. Les huit premières lignes sont des informations sur la localisation (longitude, latitude, GMT, altitude) , les conditions annuelles, les températures mensuelles du sol, les périodes de vacances et la période considérée dans le fichier (pas de temps, début et fin du fichier). Chaque ligne commence par un mot clé ("LOCATION", "DESIGN CONDITIONS"...). A partir de la ligne 9, c'est les données météorologiques.

Deux lignes sont particulièrement intéressantes la première, LOCATION, et la huitième, DATA PERIODS. Pour la ligne LOCATION, les données renseignées sont dans l'ordre d'apparition : la ville, l'état ou la province, le pays, la source du fichier, le WMO Number (numéro qui permet de reconnaître la station météo), la latitude, la longitude, le fuseau horaire et l'altitude. Dans notre cas plusieurs données ne sont pas renseignées et sont remplacées par "-". Pour la ligne DATA PERIODS, les données renseignées sont dans l'ordre d'apparition : le nombre de période, le pas de temps (1 = une heure, 60 = 1 minute, 30 = 2 minutes), jour de la semaine auquel la simulation débute (lundi, mardi...), jour du début du fichier, dernier jour du fichier.

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

Annexe H: Caractéristiques des colones du fichier météo d'EnergyPlus

n ° de colonne	Description du paramètre	mesure ou valeur par défaut
1	Année	
2	mois	
3	jour	
4	heure	
5	minute	
6	data source	valeur par défaut
7	température extérieure sèche	mesure
8	température du point de rosée	calculer avec la température extérieur et l'humidité
9	humidité relative extérieure	mesure
10	pression atmosphérique	mesure
11	irradiance extraterrestre horizontal	valeur par défaut en fonction de la localisation
12	irradiance extraterrestre direct normal radiation	irradiance extraterrestre horizontal multiplié par la hauteur du soleil
13	rayonnement net (W/m^2)	mesure
14	Rayonnement global horizontal (W/m^2)	mesure
15	rayonnement direct normal (W/m^2)	mesure
16	rayonnement diffus (W/m^2)	mesure ou calcul
17	éclairement global horizontal	valeur par défaut
18	éclairement direct normal	valeur par défaut
19	éclairement diffus	valeur par défaut
20	luminance zénith (cd/m^2)	valeur par défaut
21	direction du vent	mesure
22	vitesse du vent (km/h)	mesure
23	couverture totale du ciel [a]	valeur par défaut
24	Couvrent le ciel opaque [b]	valeur par défaut
25	visibilité	valeur par défaut

Table 21 – Description des colonnes 1 à 25 des fichiers météo d'EnergyPlus

a. inclut la majoré du montant de ciel couvert, mais pas cachés (transparent), indiquée en dixièmes, de sorte que 0 indique un ciel clair et 1 (ou 10/10) indique un ciel complètement couvert
b. iquantité de ciel complètement caché par les nuages

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

n ° de colonne	Description du paramètre	mesure ou valeur par défaut
26	Hauteur du plafond nuageux [m]	valeur par défaut
27	observation météorologique	valeur par défaut
28	code de l'observation météorologique	valeur par défaut
29	précipitation (mm)	mesure
30	épaisseur optique	valeur par défaut [a]
31	hauteur de la neige	valeur par défaut
32	nombre de jour depuis lequel il a neigé	valeur par défaut
33	Albedo	valeur par défaut
34	hauteur des précipitations	valeur par défaut
35	quantité des précipitations	valeur par défaut

Table 22 – Description des colonnes 26 à 35 des fichiers météo d'EnergyPlus

a. caractérise la transparence du milieu atmosphérique, plus la visibilité est réduite plus l'épaisseur optique sera importante

tel-00768506, version 1 - 21 Dec 2012

Annexe I: Modèle numérique de la ventilation double flux d'EnergyPlus

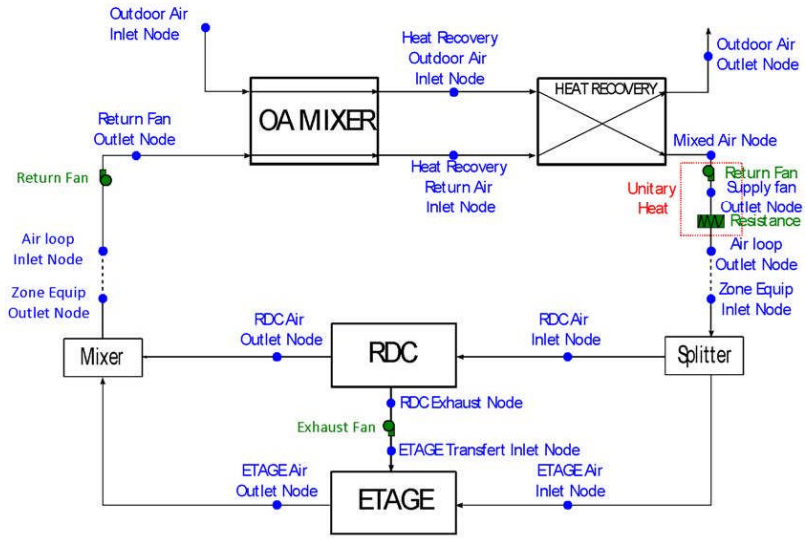


Figure 39 – Modèle numérique de la double flux utilisé dans EnergyPlus

Récapitulatif des requêtes antérieures restées ignorées par la direction SA HLM Mont-Blanc

La Bibliothèque

Réhabilitation les Bleuets / Frangy Contribution Citoyen74270

La bibliothèque recense dans un ordre chronologique d'édition et de publication tous les documents mis en ligne sur le site et ceux qui ont été communiqués, par Courriel, FAX ou LRAR, aux responsables et dirigeants de la SA Mont-Blanc, envois parfois étendus aux élus du Canton de Frangy.

La bibliothèque 'dérives charges 2013'

Réhabilitation les Bleuets / Frangy Contribution Citoyen74270

Le projet Réhabilitation Les Bleuets / 74270 Frangy

Liens	Réhabilitation / Le Projet SA HLM Mont-Blanc	Publication[s]
	Un projet forcé et chiffré au seul avantage du bailleur	18 avril 2014
	Lettre ouverte à M le Maire de Frangy	18 avril 2014
	Une intervention pour la certification des charges	22 Avril 2014
	Une réaction positive...	28 Avril 2014
	…Une requête complémentaire par nécessité	1er Mai 2014
	Plaidoyer pour la transparence & la traçabilité des charges	20 Juin 2014

Citoyen74270 @Citoyen74270 · 10 juil.

La bibliothèque 'Dossiers Réhabilitation les Bleuets / Frangy" + "Dérives SA Mont-Blanc" est en ligne sur le Web. collectiflesbleuets.fr/indexNews.html

La bibliothèque '8 ans d'historiques sur la consommations du fuel chauffage'

Réhabilitation les Bleuets / Frangy Contribution Citoyen74270

Le projet Réhabilitation Les Bleuets / 74270 Frangy

Liens	Études et dossiers / Contribution Collectif les Bleuets	Publication[s]
	Les 'radars' pointés sur 2006/2013	
	Collections, compilation des données & présentations	Dernière MAJ
	Les 'radars' pointés sur les 8 exercices 2006 / 2013	1er Mai 2014
	Demande d'expertise des charges chauffage 2013 / Les Bleuets	14 Mai 2014
	Traçabilité & Transparence	
	Proposition de convention	19 Juin 2014
	Présentations en réunion CSF-Frangy Première & Deuxième partie	2 Juillet 2014

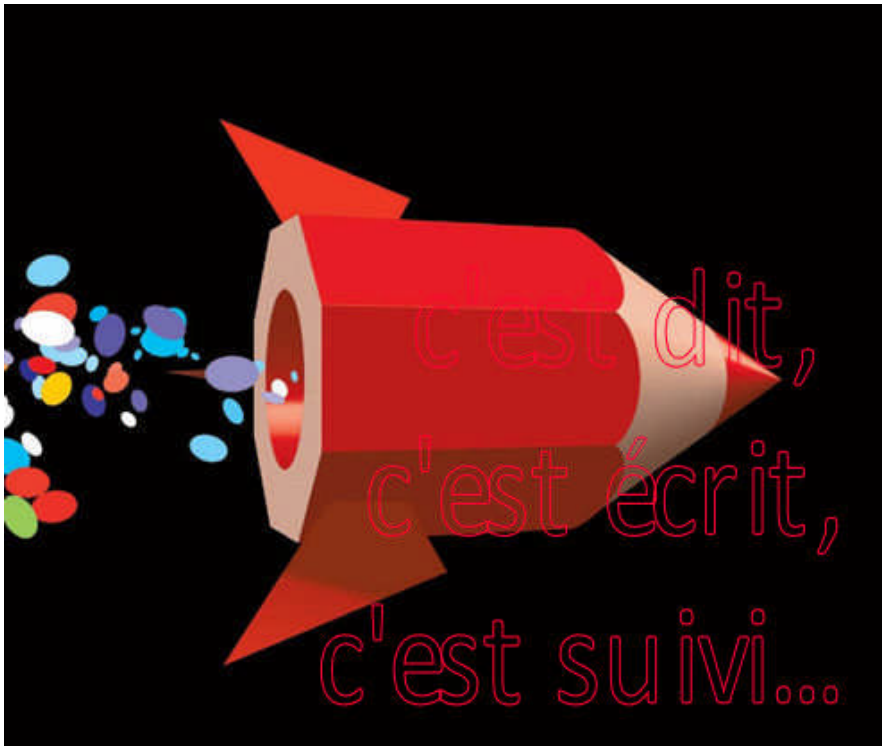
« La fin est dans le commencement et cependant on continue...»

Citoyen74270 @Citoyen74270 · 10 juil.

La bibliothèque 'Dossiers Réhabilitation les Bleuets / Frangy" + "Dérives SA Mont-Blanc" est en ligne sur le Web. collectiflesbleuets.fr/indexNews.html

Site et sources

http://www.collectiflesbleuets.fr/indexNews.html



Une sortie dominicale des internes / Classes préparatoires Maths Sup & Maths Spé
Annecy – Lycée Sommelier

Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments
Thèse pour obtenir le grade de **DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE /** Spécialité : **Génie Civil et Sciences de l'Habitat**
Présentée par **Clara SPITZ**

The Great Mental Calculators
By Steven B. Smith. 1983

Wim Klein

WIM KLEIN [also sometimes referred to as Willem or William Klein] was born in Amsterdam on December 4, 1912

Klein's interest in calculation began at age 8, when he discovered factoring.

By exposure he has learned the multiplication tables up to 100 by 100, the squares of integers up to 1000, the cubes of numbers up to 100 and roughly all prime numbers below 10'000. He deliberately committed to memory the decimal logarithms to five places of the first 150 integers. He also knows "some other small things like the first 32 powers of 2, the first 20 powers of three and so on; some logarithms base e, a lot of history; and I also learned by heart the date of birth and death of about 150 composers."

In 1952 Klein got a job at the Mathematisch Centrum in Amsterdam, where he did various sorts of numerical calculations. "Computers-they didn't exist, or nearly not. I sat in a room with these five heavy-reformist members of the Netherlands Reformed Church, always talking about God and the clergy. I would say 'Good God' and 'God damn it,' and they went to the boss and said, 'Klein is swearing like a docker.' He told them, 'Don't quarrel, let him swear.' They said, 'Yes, but...' So he called me in and said, 'Liten, Klein, quiet down. I know they are idiots, but try to do better.' 'I try, I try very hard, but you know.."

In 1952 Klein began seriously lecturing in schools; again it came about by accident. Whenever important people visited the Mathematisch Centrum, Klein was called upon to give a demonstration, "not as a human computer, but as a human attraction." A French professor from UNESCO saw him there and asked him if he would come to Paris and give a lecture in the Department of Mathematics at the Sorbonne. The planned fifty-minute appearance stretched to two hours. As a result of contacts made, Klein was able to obtain permission to give lectures in grammar schools throughout France. "So I wrote to the Mathematisch Centrum and asked for leave of two months or so. They replied, 'Wim, I'm afraid this means the end - that you will stay longer than two years. But I'm sure you will hsave tremendous success.'"

In 1954 Klein met the New Zealand mathematician and calculating prodigy, Alexander Craig Aitken, at a mathematical conference in Amsterdam. Later in that year they appeared together on a BBC program. Klein recalls: "He was a lovely man. When Britain had not yet the decimal system, I used to do problems like multiplying £3,7 shillings, 8 pence ha'penny by 29. When I asked Aitken about such problems, he said: 'Oh, I've got enough trouble when I have to fill out my income tax form.

In 1955 Klein toured for nine months as one of the attractions of the "MIRACLES OF THE MUSIC HALL, Starring Some of the Most Unusual People Ever Seen." He was billed as "the man with the £10000 brain. The cast included - the Dare-Devil Denglaros on their Racing Motor Bikes; the Amazing Devero, Escape from a Real Guillotine; Ladd West World's Fantastic Aerial Contortionist; Rondart, Worlds only Dart Blower; the Roller Skating Jeretz from Geneva; Reggie 'yer see' Dennis, Britain's new radio Comedian; the Incomparable Mime Star, Danny O'Dare; and Personal Appearance of The Man Who Was Buried Alive - already seen by 4719329 people in 8 years tour."

After Miracles of the Music Hall, Klein returned to touring schools, in France and then in Switzerland. But by 1957 he decided he wanted to settle down, so he returned to Amsterdam to work at the Mathematisch Centrum. During the summer of 1958 he arranged a two-week tour of Swiss schools. The giant research complex of CERN (European Organization for Nuclear Research) is located near Geneva. Klein was mistakenly under the impression that some of the work of the Mathematisch Centrum was done for CERN, so he decided to telephone CERN while he was in Geneva. He was told to "just pop over." He was introduced to a Dutch physicist, C. J. Bakker. Klein recalled: "We talked and he said, 'Would you like to work in Geneva?' I said, 'That's for other people to say. Is it a possibility for me to get a job here?' And then Professor Bakker said 'Listen, Wim, I cannot decide; I'm only the director general here, you see.' So I said, 'Not so bad.' Naturally, I had a feeling everything would be all right."
An arrangement was made with the Mathematisch Centrum for a three-month leave of absence. After four weeks, CERN asked Klein to themselves. From '58 to '65 it was all right for me. And then, it went down, because young physicists did their own programming, and they did not need me as much as before. But the idea to kick me out never came, because of public relations. Very often when physicists came they could not see the machine, someone would saystay on permanently. "These three months became eighteen years. That's the CERN story."

Klein was in considerable In the early days demand at CERN. "Computers were not very well developed, and the physicists did not yet program them, 'Hey, Wim, do thing for them.'

Mes backgrounds, mes expériences et compétences en études & analyse de données…

Digital Equipment [DEC] / Division Computer Special System

Jacques Bochaton
Manufacturing Information System Management
European Solutions Center
Telecommunications and Networks

digital

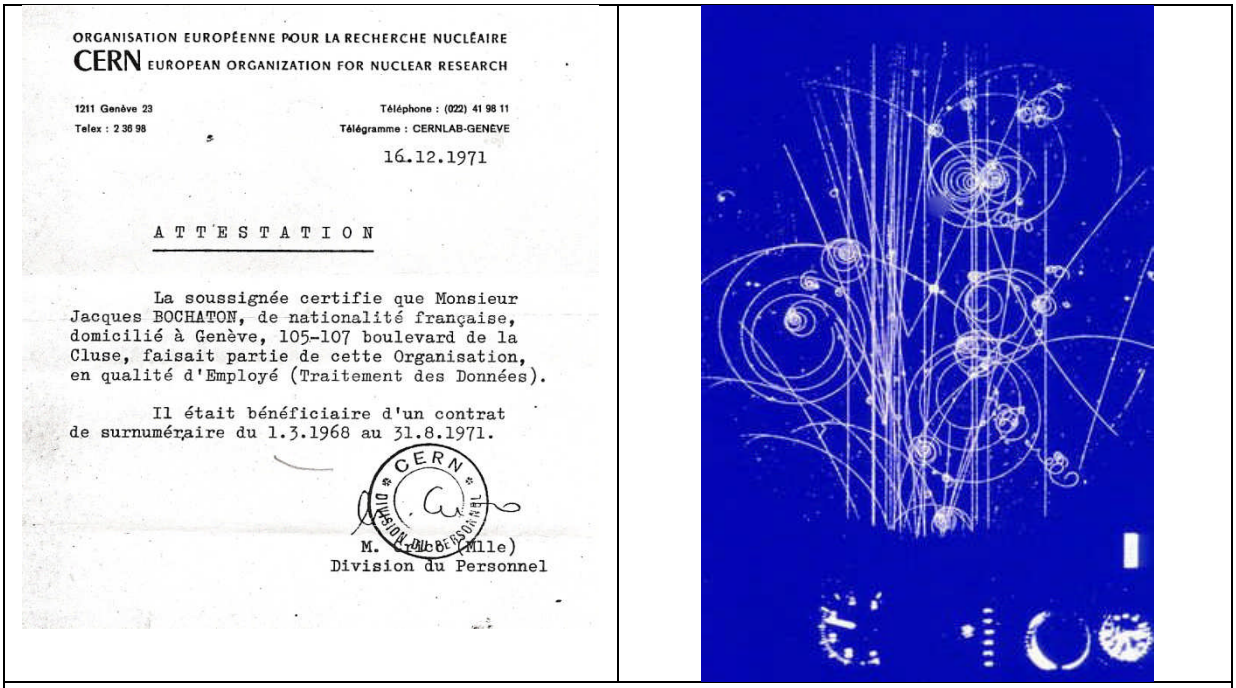
Digital Equipment France
Parc des Glaisins - BP 439
74944 Annecy-le-Vieux Cedex
Tel : 50 09 40 34 - Telex : 385077
Telecopie : 50 64 01 39

digital

BOCHATON
Jacques
75 007

Ingénieur conseil / Chef de projets GPAO MRP II & SAP

CERN Genève / Division Données & Documents



ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE
CERN EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH

1211 Genève 23
Telex : 2 36 98

Téléphone : (022) 41 98 11
Télégramme : CERNLAB-GENEVE

16.12.1971

A T T E S T A T I O N

La soussignée certifie que Monsieur Jacques BOCHATON, de nationalité française, domicilié à Genève, 105-107 boulevard de la Cluse, faisait partie de cette Organisation, en qualité d'Employé (Traitement des Données).

Il était bénéficiaire d'un contrat de surnuméraire du 1.3.1968 au 31.8.1971.

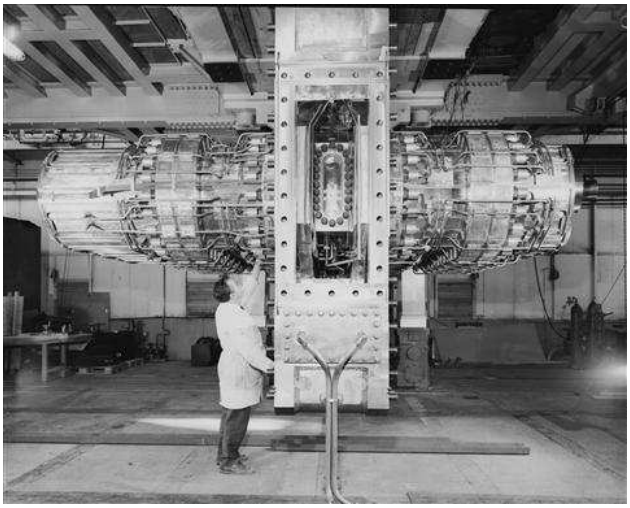
CERN DIVISION DU PERSONNEL

M. [illegible] (Mlle)
Division du Personnel

Calibrations mécanique & optique des tables de dépouillement des événements de la chambre à bulle de 2m produits par collisions avec un accélérateur de particules. Programmation de synthèse des 3 vues planes pour un calcul spatial sur le CDC 6600 qui fournira des données requises par les physiciens et théoriciens

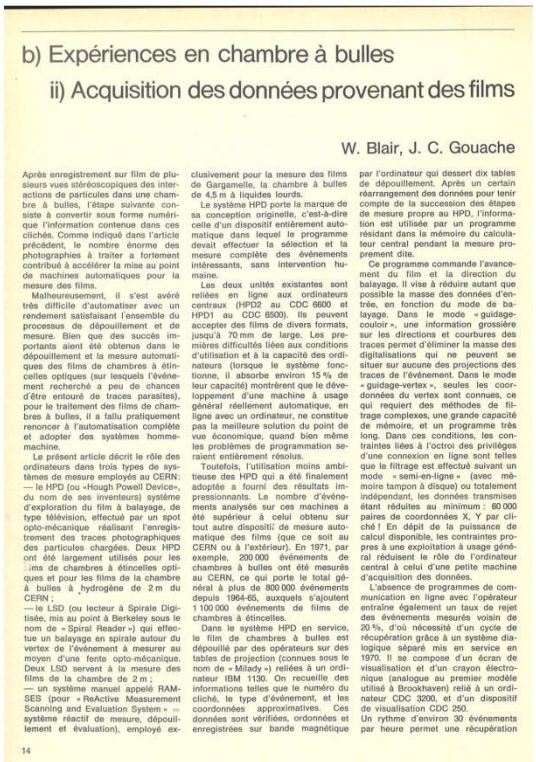
Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments
Thèse pour obtenir le grade de **DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE /** Spécialité : **Génie Civil et Sciences de l'Habitat**
Présentée par **Clara SPITZ**

La chambre à bulles de 2m & Les tables de dépouillent et pré-mesures



La chambre à bulles de 2m

Les tables de dépouillent et pré-mesures



b) Expériences en chambre à bulles

ii) Acquisition des données provenant des films

W. Blair, J. C. Gouache

Après enregistrement sur film de plusieurs vues stéréoscopiques des interactions de particules dans une chambre à bulles, l'étape suivante consiste à convertir sous forme numérique l'information contenue dans ces clichés. Comme indiqué dans l'article précédent, le nombre énorme des photographies à traiter a fortement contribué à accélérer la mise au point de machines automatiques pour la mesure des films.

Malheureusement, il s'est avéré très difficile d'automatiser avec un rendement satisfaisant l'ensemble du processus de dépouillement et de mesure. Bien que des succès importants aient été obtenus dans le dépouillement et la mesure automatiques des films de chambres à étincelles optiques (sur lesquels l'événement recherché a peu de chances d'être entouré de traces parasites), pour le traitement des films de chambres à bulles, il a fallu pratiquement renoncer à l'automatisation complète et adopter des systèmes homme-machine.

Le présent article décrit le rôle des ordinateurs dans trois types de systèmes de mesure employés au CERN:
— le HPD (ou «Hough Powell Device», du nom de ses inventeurs) système d'exploration du film à balayage, de type télévision, effectué par un spot opto-mécanique réalisant l'enregistrement des traces photographiques des particules chargées. Deux HPD ont été largement utilisés pour les ..ms de chambres à étincelles optiques et pour les films de la chambre à bulles à hydrogène de 2 m du CERN ;
— le LSD (ou lecteur à Spirale Digitisée, mis au point à Berkeley sous le nom de «Spiral Reader») qui effectue un balayage en spirale autour du vertex de l'événement à mesurer au moyen d'une fente opto-mécanique. Deux LSD servent à la mesure des films de la chambre de 2 m ;
— un système manuel appelé RAMSES (pour «ReActive Measurement Scanning and Evaluation System» — système réactif de mesure, dépouillement et évaluation), employé exclusivement pour la mesure des films de Gargamelle, la chambre à bulles de 4,5 m à liquides lourds.

Le système HPD porte la marque de sa conception originelle, c'est-à-dire celle d'un dispositif entièrement automatique dans lequel le programme devait effectuer la sélection et la mesure complète des événements intéressants, sans intervention humaine.

Les deux unités existantes sont reliées en ligne aux ordinateurs centraux (HPD2 au CDC 6600 et HPD1 au CDC 6500). Ils peuvent accepter des films de divers formats, jusqu'à 70 mm de large. Les premières difficultés liées aux conditions d'utilisation et à la capacité des ordinateurs (lorsque le système fonctionne, il absorbe environ 15 % de leur capacité) montrèrent que le développement d'une machine à usage général réellement automatique, en ligne avec un ordinateur, ne constitue pas la meilleure solution du point de vue économique, quand bien même les problèmes de programmation seraient entièrement résolus.

Toutefois, l'utilisation moins ambitieuse des HPD qui a été finalement adoptée a fourni des résultats impressionnants. Le nombre d'événements analysés sur ces machines a été supérieur à celui obtenu sur tout autre dispositif de mesure automatique des films (que ce soit au CERN ou à l'extérieur). En 1971, par exemple, 200 000 événements de chambres à bulles ont été mesurés au CERN, ce qui porte le total général à plus de 800 000 événements depuis 1964-65, auxquels s'ajoutent 1 100 000 événements de films de chambres à étincelles.

Dans le système HPD en service, le film de chambres à bulles est dépouillé par des opérateurs sur des tables de projection (connues sous le nom de «Milady») reliées à un ordinateur IBM 1130. On recueille des informations telles que le numéro du cliché, le type d'événement, et les coordonnées approximatives. Ces données sont vérifiées, ordonnées et enregistrées sur bande magnétique par l'ordinateur qui dessert dix tables de dépouillement. Après un certain rearrangement des données pour tenir compte de la succession des étapes de mesure propre au HPD, l'information est utilisée par un programme résidant dans la mémoire du calculateur central pendant la mesure proprement dite.

Ce programme commande l'avancement du film et la direction du balayage. Il vise à réduire autant que possible la masse des données d'entrée, en fonction du mode de balayage. Dans le mode «guidage-couloir», une information grossière sur les directions et courbures des traces permet d'éliminer la masse des digitalisations qui ne peuvent se situer sur aucune des projections des traces de l'événement. Dans le mode «guidage-vertex», seules les coordonnées du vertex sont connues, ce qui requiert des méthodes de filtrage complexes, une grande capacité de mémoire, et un programme très long. Dans ces conditions, les contraintes liées à l'octroi des priviléges d'une connexion en ligne sont telles que le filtrage est effectué suivant un mode «semi-en-ligne» (avec mémoire tampon à disque) ou totalement indépendant, les données transmises étant réduites au minimum : 60 000 paires de coordonnées X, Y par cliché ! En dépit de la puissance de calcul disponible, les contraintes propres à une exploitation à usage général réduisent le rôle de l'ordinateur central à celui d'une petite machine d'acquisition des données.

L'absence de programmes de communication en ligne avec l'opérateur entraîne également un taux de rejet des événements mesurés voisin de 20 %, d'où nécessité d'un cycle de récupération grâce à un système dialogique séparé mis en service en 1970. Il se compose d'un écran de visualisation et d'un crayon électronique (analogue au premier modèle utilisé à Brookhaven) relié à un ordinateur CDC 3200, et d'un dispositif de visualisation CDC 250.
Un rythme d'environ 30 événements par heure permet une récupération

14

Acquisition des données

Calcul électronique et CERN

Passé, présent et avenir du calcul électronique au CERN, et en particulier des puissants ordinateurs centraux qui supportent le gros du travail du Laboratoire.

Intérieur de la salle des ordinateurs où se trouve l'ordinateur principal du CERN, le CDC 6600. A gauche et au fond, les dérouleurs de bande magnétique. Au premier plan, le pupitre qui relie les opérateurs au système d'exploitation. Sur les écrans de visualisation, les opérateurs peuvent voir quels sont les programmes qui passent en ordinateur, ainsi que leurs stades de déroulement.

D. Ball

Le passé

Le calcul électronique au CERN remonte à l'automne 1958, époque où fut acquis un Ferranti Mercury, pour le programme de physique; son installation apprit au CERN que les ordinateurs sont des armes à double tranchant exigeant une équipe d'experts pour les dorloter, surtout au cours de leur très jeune âge. Mais en dépit des difficultés, les physiciens sont rapidement devenus des adeptes du calcul électronique.

L'augmentation du volume des travaux, au début de 1960, en liaison avec les expériences en chambres à bulles et électroniques effectuées au PS a provoqué la saturation du Mercury, avant que son successeur n'arrive sur le site. Il s'agissait d'un IBM 709 quadruplant la capacité de calcul. Cette machine bien éprouvée a épargné au CERN toutes difficultés de mise en service, et fut à l'origine de l'emploi du langage FORTRAN. L'écart entre les vitesses de traitement et d'entrée-sortie par organes mécaniques devint bientôt apparent, et un petit ordinateur «satellite», type IBM 1401, fut installé afin de soulager le 709 de certaines tâches fastidieuses. En 1962, un digitaliseur à spot volant, mesurant les films de chambres à bulles, fut relié au calculateur IBM 709 : c'était la première utilisation des ordinateurs en ligne, au CERN.

Vers le milieu de 1963, le 709 s'est trouvé saturé, et en septembre de cette même année, il fut remplacé par un IBM 7090, quadruplant une seconde fois la capacité. Les utilisateurs n'eurent pas à souffrir de cette relève car la nouvelle machine était totalement compatible avec le 709 et aucune modification de la programmation n'était nécessaire. Le mode d'exploitation restait également le même : le cycle de calcul d'un programme devait être achevé avant de passer à un autre.

Les demandes de calcul électronique continuant de croître sans relâche au CERN, en doublant tous les ans, et le rôle des ordinateurs dans les travaux du Laboratoire suivant une évolution analogue, il apparut que la capacité de calcul devait être quasi décuplée. Le seul ordinateur satisfaisant à ce critère était un CDC 6600. Commandé en 1964, il fut livré au début de 1965 ; c'était une des premières machines de la série et les difficultés ne tardèrent pas à apparaître. Pour les aplanir, certains des travaux de calcul du Laboratoire durent être exécutés à l'extérieur, mais les plans de développemnt des services de calcul basés sur l'exploitation du 6600 subirent un retard d'au moins deux ans.

Comme nouvelle étape de la lutte incessante pour combler l'écart entre les vitesses de calcul et d'entrée-sortie, cet ordinateur apportait également toutes les possibilités de la multiprogrammation. En vue d'augmenter encore la capacité et d'assurer un service plus régulier, un CDC 6400, frère cadet du 6600, compatible avec son aîné, fut installé en avril 1967.

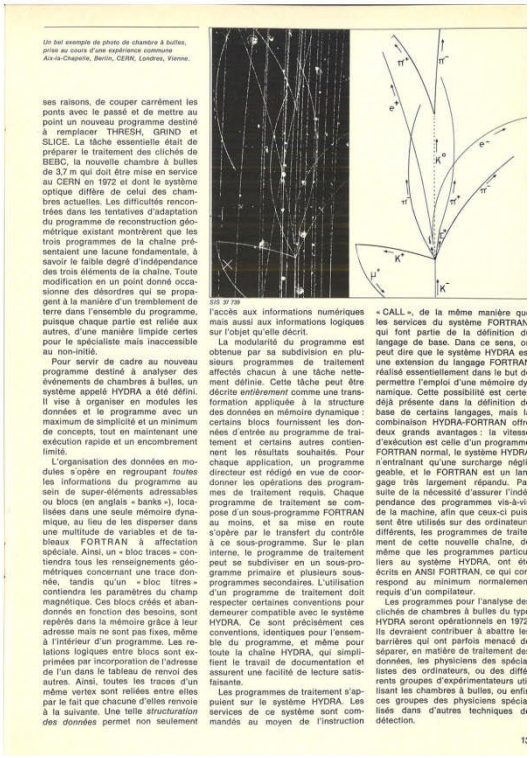
A peu près à la même époque, il fut demandé aux constructeurs de fournir des informations sur leurs futurs modèles, et les discussions techniques commencèrent. Le CERN estimait qu'en 1974-75, il devait disposer d'une capacité décuple de celle déjà installée. Les discussions montrèrent que plusieurs firmes avaient des projets de machines plus puissantes que le CDC 6600. Toutefois, il était peu probable que le CERN puisse acquérir en 1970 une nouvelle grosse machine parfaitement éprouvée, et il ne souhaitait évidemment pas recommencer l'expérience du 6600. De plus, les études permirent de conclure que le nouveau système devait se baser sur deux machines compatibles, dont les achats seraient espacés de deux à trois ans. Il fut donc décidé de rechercher une solution intermédiaire, soit en développant le CDC 6000, soit en acquérant une machine moyenne, fournie par un autre constructeur, et compatible avec le gros ordinateur en service. La première solution fut adoptée, et à la fin de 1969 le CDC 6400 était porté au niveau d'un 6500 par

CERN 368.8.69

4

Le calculateur CDC 6800

Le HPD



ses raisons, de couper carrément les ponts avec le passé et de mettre au point un nouveau programme destiné à remplacer THRESH, GRIND et SLICE. La tâche essentielle était de préparer le traitement des clichés de BEBC, la nouvelle chambre à bulles de 3,7 m qui doit être mise en service au CERN en 1972 et dont le système optique diffère de celui des chambres actuelles. Les difficultés rencontrées dans les tentatives d'adaptation du programme de reconstruction géométrique existant montrèrent que les trois programmes de la chaîne présentaient une lacune fondamentale, à savoir le faible degré d'indépendance des trois éléments de la chaîne. Toute modification en un point donné occasionne des désordres qui se propagent à la manière d'un tremblement de terre dans l'ensemble du programme, puisque chaque partie est reliée aux autres, d'une manière limpide certes pour le spécialiste mais inaccessible au non-initié.

Pour servir de cadre au nouveau programme destiné à analyser des événements de chambres à bulles, un système appelé HYDRA a été défini. Il vise à organiser en modules les données et le programme avec un maximum de simplicité et un minimum de concepts, tout en maintenant une exécution rapide et un encombrement limité.

L'organisation des données en modules s'opère en regroupant *toutes* les informations du programme au sein de super-éléments adressables ou blocs (en anglais « banks »), localisées dans une seule mémoire dynamique, au lieu de les disperser dans une multitude de variables et de tableaux FORTRAN à affectation spéciale. Ainsi, un « bloc traces » contiendra tous les renseignements géométriques concernant une trace donnée, tandis qu'un « bloc titres » contiendra les paramètres du champ magnétique. Ces blocs créés et abandonnés en fonction des besoins, sont repérés dans la mémoire grâce à leur adresse mais ne sont pas fixes, même à l'intérieur d'un programme. Les relations logiques entre blocs sont exprimées par incorporation de l'adresse de l'un dans le tableau de renvoi des autres. Ainsi, toutes les traces d'un même vertex sont reliées entre elles par le fait que chacune d'elles renvoie à la suivante. Une telle *structuration des données* permet non seulement l'accès aux informations numériques mais aussi aux informations logiques sur l'objet qu'elle décrit.

La modularité du programme est obtenue par sa subdivision en plusieurs programmes de traitement affectés chacun à une tâche nettement définie. Cette tâche peut être décrite *entièrement* comme une transformation appliquée à la structure des données en mémoire dynamique : certains blocs fournissent les données d'entrée au programme de traitement et certains autres contiennent les résultats souhaités. Pour chaque application, un programme directeur est rédigé en vue de coordonner les opérations des programmes de traitement requis. Chaque programme de traitement se compose d'un sous-programme FORTRAN au moins, et sa mise en route s'opère par le transfert du contrôle à ce sous-programme. Sur le plan interne, le programme de traitement peut se subdiviser en un sous-programme primaire et plusieurs sous-programmes secondaires. L'utilisation d'un programme de traitement doit respecter certaines conventions pour demeurer compatible avec le système HYDRA. Ce sont précisément ces conventions, identiques pour l'ensemble du programme, et même pour toute la chaîne HYDRA, qui simplifient le travail de documentation et assurent une facilité de lecture satisfaisante.

Les programmes de traitement s'appuient sur le système HYDRA. Les services de ce système sont commandés au moyen de l'instruction « CALL », de la même manière que les services du système FORTRAN qui font partie de la définition du langage de base. Dans ce sens, on peut dire que le système HYDRA est une extension du langage FORTRAN réalisé essentiellement dans le but de permettre l'emploi d'une mémoire dynamique. Cette possibilité est certe déjà présente dans la définition de base de certains langages, mais la combinaison HYDRA-FORTRAN offre deux grands avantages : la vitesse d'exécution est celle d'un programme FORTRAN normal, le système HYDRA n'entraînant qu'une surcharge négligeable, et le FORTRAN est un langage très largement répandu. Par suite de la nécessité d'assurer l'indépendance des programmes vis-à-vis de la machine, afin que ceux-ci puissent être utilisés sur des ordinateurs différents, les programmes de traitement de cette nouvelle chaîne, de même que les programmes particuliers au système HYDRA, ont été écrits en ANSI FORTRAN, ce qui correspond au minimum normalement requis d'un compilateur.

Les programmes pour l'analyse des clichés de chambres à bulles du type HYDRA seront opérationnels en 1972. Ils devraient contribuer à abattre les barrières qui ont parfois menacé de séparer, en matière de traitement des données, les physiciens des spécialistes des ordinateurs, ou des différents groupes d'expérimentateurs utilisant les chambres à bulles, ou enfin ces groupes des physiciens spécialisés dans d'autres techniques de détection.

Le HPD / Digitaliseur à spot volant	Le calculateur CDC 6800

Calcul électronique et CERN

Passé, présent et avenir du calcul électronique au CERN, et en particulier des puissants ordinateurs centraux qui supportent le gros du travail du Laboratoire.

D. Ball

Le passé

Le calcul électronique au CERN remonte à l'automne 1958, époque où fut acquis un Ferranti Mercury, pour le programme de physique; son installation apprit au CERN que les ordinateurs sont des armes à double tranchant exigeant une équipe d'experts pour les dorloter, surtout au cours de leur très jeune âge. Mais en dépit des difficultés, les physiciens sont rapidement devenus des adeptes du calcul électronique.

L'augmentation du volume des travaux, au début de 1960, en liaison avec les expériences en chambres à bulles et électroniques effectuées au PS a provoqué la saturation du Mercury, avant que son successeur n'arrive sur le site. Il s'agissait d'un IBM 709 quadruplant la capacité de calcul. Cette machine bien éprouvée a épargné au CERN toutes difficultés de mise en service, et fut à l'origine de l'emploi du langage FORTRAN. L'écart entre les vitesses de traitement et d'entrée-sortie par organes mécaniques devint bientôt apparent, et un petit ordinateur « satellite », type IBM 1401, fut installé afin de soulager le 709 de certaines tâches fastidieuses. En 1962, un digitaliseur à spot volant, mesurant les films de chambres à bulles, fut relié au calculateur IBM 709 : c'était la première utilisation des ordinateurs en ligne, au CERN.

Vers le milieu de 1963, le 709 s'est trouvé saturé, et en septembre de cette même année, il fut remplacé par un IBM 7090, quadruplant une seconde fois la capacité. Les utilisateurs n'eurent pas à souffrir de cette relève car la nouvelle machine était totalement compatible avec le 709 et aucune modification de la programmation n'était nécessaire. Le mode d'exploitation restait également le même : le cycle de calcul d'un programme devait être achevé avant de passer à un autre.

Les demandes de calcul électronique continuant de croître sans relâche au CERN, en doublant tous les ans, et le rôle des ordinateurs dans les travaux du Laboratoire suivant une évolution analogue, il apparut que la capacité de calcul devait être quasi décuplée. Le seul ordinateur satisfaisant à ce critère était un CDC 6600. Commandé en 1964, il fut livré au début de 1965 ; c'était une des premières machines de la série et les difficultés ne tardèrent pas à apparaître. Pour les aplanir, certains des travaux de calcul du Laboratoire durent être exécutés à l'extérieur, mais les plans de développemnt des services de calcul basés sur l'exploitation du 6600 subirent un retard d'au moins deux ans.

Comme nouvelle étape de la lutte incessante pour combler l'écart entre les vitesses de calcul et d'entrée-sortie, cet ordinateur apportait également toutes les possibilités de la multiprogrammation. En vue d'augmenter encore la capacité et d'assurer un service plus régulier, un CDC 6400, frère cadet du 6600, compatible avec son aîné, fut installé en avril 1967.

A peu près à la même époque, il fut demandé aux constructeurs de fournir des informations sur leurs futurs modèles, et les discussions techniques commencèrent. Le CERN estimait qu'en 1974-75, il devait disposer d'une capacité décuple de celle déjà installée. Les discussions montrèrent que plusieurs firmes avaient des projets de machines plus puissantes que le CDC 6600. Toutefois, il était peu probable que le CERN puisse acquérir en 1970 une nouvelle grosse machine parfaitement éprouvée, et il ne souhaitait évidemment pas recommencer l'expérience du 6600. De plus, les études permirent de conclure que le nouveau système devait se baser sur deux machines compatibles, dont les achats seraient espacés de deux à trois ans. Il fut donc décidé de rechercher une solution intermédiaire, soit en développant le CDC 6000, soit en acquérant une machine moyenne, fournie par un autre constructeur, et compatible avec le gros ordinateur en service. La première solution fut adoptée, et à la fin de 1969 le CDC 6400 était porté au niveau d'un 6500 par

CERN 366.8.69

4

Brian Williamson Powell

Biographical history

Brian Williamson Powell was born at Welwyn Garden City (England) on the 18th March 1934.

He graduated in physics in 1954 at the University of Manchester. From 1954 to 1955, still in Manchester, he joined the Anthony Newth group in order to work in the field of Cosmic Ray Physics. After working in the same field for the Imperial College of Science and Technology (University of London). He was awarded a Research Fellowship by the DSIR in 1957 to continue working on equipment for the semi-automatic measurement of bubble chamber photographs. In 1959 he obtained the Degree of Doctor of Philosophy in Cosmic Ray Physics. For the period from 1959 to 1969, he joined in the development of the CERN IEPS (Instrument pour l'Evaluation des Photographies).

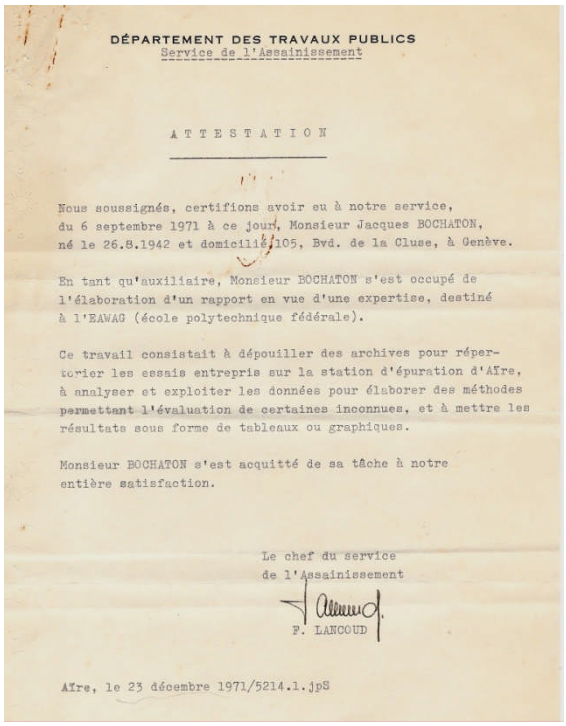
Also involved in the development of the future Hough-Powell device (the HPD), Paul Hough came to CERN at about the same period. At the end of 1959, together they talked about Hough's ambition to find better ways of measuring photographs. They came up with the idea of what was initially called IEP-X and later became the HPD. In 1960, they developed and presented the basis of a technique for the automatic exploration of photographs under on-line computer control. This method allows faster measurement and analysis of bubble chamber photographs. Its construction and programming developed form with the collaboration between the Laboratories of Berkeley, Brookhaven, CERN and Rutherford.

Instrumentation	Le HPD / Digitaliseur à spot volant

Département des Travaux Publics / Canton de Genève

Etudes des performances et des rendements biologique/écologique de la station d'épuration d'Aïre.

Compilation de relevés d'exploitations et d'observations in situ à l'attention d'une EPF.



DÉPARTEMENT DES TRAVAUX PUBLICS
Service de l'Assainissement

ATTESTATION

Nous soussignés, certifions avoir eu à notre service, du 6 septembre 1971 à ce jour, Monsieur Jacques BOCHATON, né le 26.8.1942 et domicilié 105, Bvd. de la Cluse, à Genève.

En tant qu'auxiliaire, Monsieur BOCHATON s'est occupé de l'élaboration d'un rapport en vue d'une expertise, destiné à l'EAWAG (école polytechnique fédérale).

Ce travail consistait à dépouiller des archives pour répertorier les essais entrepris sur la station d'épuration d'Aïre, à analyser et exploiter les données pour élaborer des méthodes permettant l'évaluation de certaines inconnues, et à mettre les résultats sous forme de tableaux ou graphiques.

Monsieur BOCHATON s'est acquitté de sa tâche à notre entière satisfaction.

Le chef du service
de l'Assainissement
F. LANCOUD

Aïre, le 23 décembre 1971/5214.1.jpS

Travail de dépouillement d'archives pour répertorier les essais entrepris sur la station d'épuration d'Aïre consistant à analyser et exploiter les données pour élaborer des méthodes permettant l'évaluation de certaines inconnues, et à mettre les résultats sous forme de tableaux et graphiques, en vue d'une expertise, destinée à l'EAWAG. [Ecole polytechnique fédérale]

Etude enrichie par des observations matinales et quotidiennes de la turbidité des bassins de décantation.

De la complexité d'une station d'épuration des eaux usées :